



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

**ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS
D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO**



Autor:	Jordi Martínez Rovira
Director:	Francesc Xavier Roset Juan
Departament:	EEL
Convocatòria:	Mes de juny de 2018



TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO



Memòria i Annexos

Autor: Jordi Martínez Rovira
Director: Francesc Xavier Roset Juan
Convocatòria: Mes de juny de 2018

Resum

A partir del 31 de desembre del present any 2018, la Unió Europea obligarà als estats membres a que tots els nous edificis públics siguin de construcció nZEB (Nearly Zero Emission Buildings) i a partir del 31 de desembre del 2020, tots els nous edificis de nova construcció també ho han de ser.

Davant aquesta realitat, en aquest treball es tractarà de dissenyar un edifici ZEB (Zero Emission Buildings) o nZEB que es situarà a la localitat de Castellbisbal i s'estudiarà la seva viabilitat. Per això es definirà com es l'edifici i es dissenyaran les diferents instal·lacions que componen l'edifici (ACS, calefacció, refrigeració i generació d'energies renovables).

Es compararan les necessitats energètiques i les emissions contaminants entre aquest nou tipus d'habitatge i un tradicional situat en la mateixa localització per tal de conèixer quins beneficis econòmics, energètics i ambientals s'hagueren pogut aconseguir si l'edifici actualment construït hagués estat un ZEB o nZEB.

S'explicarà que s'entén per un edifici ZEB o nZEB, quina normativa existeix i quina és la situació actual. També forma part d'aquest projecte realitzar un anàlisi de l'estat de crisi energètica i de contaminació mundial actual que han provocat la necessitat d'implantar aquest tipus d'edificis.

Resumen

A partir del 31 de diciembre del presente año 2018, la Unión Europea obligará a los estados miembros a que todos los nuevos edificios públicos sean de construcción nZEB (Nearly Zero Emission Buildings) y a partir del 31 de diciembre del 2020, todos los edificios de nueva construcción también lo tienen que ser.

Enfrente esta realidad, en este trabajo se tratara de diseñar un edificio ZEB (Zero Emission Buildings) o nZEB que se situara en la localidad de Castellbisbal y se estudiara su viabilidad. Para ello se definirá como es el edificio y se diseñaran las diferentes instalaciones que componen el edificio (ACS, calefacción, refrigeración i generación de energías renovables).

Se compararan las necesidades energéticas y las emisiones contaminantes entre este nuevo tipo de vivienda y una tradicional situada en la misma localización con el fin de poder conocer que beneficios económicos, energéticos y ambientales se hubieran podido conseguir si el edificio actualmente construido hubiera sido un ZEB o nZEB.

Se explicara qué se entiende por un edificio ZEB o nZEB, que normativa existe y cuál es la situación actual. También forma parte de este proyecto realizar un análisis del estado de crisis energética y de contaminación mundial actual que han provocado la necesidad de implementar este tipo de edificios.

Abstract

From 31 of December of the present year 2018, the European Union are going to obligate to the county members that all the new public buildings has to be nZEB (Nearly Zero Emission Buildings) and from 31 of December of 2020, all the new buildings of new construction also have to be nZEB.

Front this reality, in this academic work are going to try to design a ZEB building (Zero Emission Building) or nZEB localized in Castellbisbal and study its viability. Is for this that is going to be defined how is the building and is going to be defined the different installations (SHW, calefaction, refrigeration and generation of renewably energy).

The energy needs and contaminants emissions of the building are going to be compared between the new and the actual building situated in the same localization to know what economics, energetic and environmental benefits could be achieved if the existent building had been be a ZEB o nZEB design.

It will be explained what is a ZEB and nZEB building, what regulations exist and what is the actual situation. Also is part of this project do an analysis of the actual situation of energetic and contamination world crisis that makes the necessity of implement this type of buildings.



Agraïments

Primer de tot agrair al professor Xavier Roset l'atenció i l'ajuda rebuda durant tot el procés de creació del present projecte. Els seus consells i supervisió han ajudat a assolir tots els objectius establerts i poder solucionar les dificultats presentades dintre del termini establert.

Agrair també als meus companys i amics el suport, col·laboració i els grans moments viscuts durant la nostra etapa universitària, l'experiència viscuda no hauria estat la mateixa sense ells.

Per últim i no per això menys important, agrair infinitament a la meva família el suport i comprensió mostrats durant aquest llarg camí que ha estat la universitat i en especial a la meva mare, que sempre m'ha animat a donar el millor de mi mateix i a seguir endavant independentment de les dificultats i situacions adverses que me trobat al llarg de la meva vida.

Moltes gràcies





Índex

RESUM	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
AGRAÏMENTS	VI
1. INTRODUCCIÓ	1
1.2. Objecte i abast del projecte	1
2. ESTAT ACTUAL DEL MÓN	2
2.1. Fonts d'energies fòssils i l'urani	4
2.1.1. Carbó.....	5
2.1.2. Petroli.....	6
2.1.3. Gas Natural	8
2.1.4. Urani	9
2.2. Impacte de les fonts d'energia convencional.....	11
2.2.1. Contaminació atmosfèrica	12
2.2.1.1. Canvi climàtic i efecte hivernacle	13
2.2.1.2. Pluja àcida	16
2.2.1.3. Boires fotoquímiques (Smog o Esmog)	17
2.2.2. Contaminació i destrucció del medi natural	18
2.2.3. Malalties	19
2.2.4. Conflictes	20
2.3. Fonts d'energia Renovables.....	22
2.3.1. Biomassa.....	25
2.3.2. Solar	25
2.3.3. Eòlica.....	29
2.3.4. Hidràulica.....	32
2.3.5. Geotèrmia.....	35
2.3.6. Aerotèrmia.....	38
2.4. Consums energètics dels edificis	39
2.4.1. Consums energètics a Espanya i Catalunya	40
3. QUE ÉS UN EDIFICI DE ZERO EMISSIONS (ZEB O GAIREBÉ ZERO NZEB)	45
3.1. Definició del concepte ZEB, nZEB	45

3.2.	Primeres construccions.....	47
3.3.	Implementació a Europa i Espanya	48
3.4.	Tipus i classificació	52
3.4.1.	Certificat energètic	55
3.5.	Directives i recomanacions europees.....	57
3.5.1.	Directiva 2010/31/UE.....	57
3.5.2.	Directiva 2012/27/UE.....	64
3.5.3.	Recomanació (UE) 2016/1318	65
4.	ESTUDI DE L'EDIFICI ACTUAL	66
4.1.	Descripció general de l'edifici	66
4.2.	Normativa utilitzada durant el disseny i construcció	70
4.3.	Materials de l'envolupant tèrmica	71
4.4.	Situació geogràfica i climatologia	76
4.5.	Recursos energètics disponibles de l'emplaçament	78
4.5.1.	Energia solar	78
4.5.2.	Energia eòlica.....	79
4.6.	Estudi energètic	84
4.7.	Consum energètic real de l'edifici	103
4.7.1.	Consum elèctric	104
4.7.2.	Consum de gas natural.....	110
4.7.3.	Consum d'aigua	112
5.	DISSENY EDIFICI NZEB	114
5.1.	L'envolupant tèrmica	115
5.2.	Tipus de materials aïllants	118
5.3.	Proposta de millores en l'envolupant tèrmic de l'edifici	119
5.3.1.	Millora en façanes	121
5.3.2.	Millora en coberta	124
5.3.3.	Millora en marcs i vidres	126
5.4.	Dimensionament del aïllament	129
5.4.1.	Façanes: càlculs i resultats.....	131
5.4.2.	Coberta: càlculs i resultats.....	133
5.4.3.	Marcs i finestres: càlculs i resultats.....	135
5.5.	Resultat final del conjunt de millores en l'envolupant tèrmica de l'edifici	137
6.	DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS	139

6.1.	Instal·lació solar tèrmica d'ACS.....	140
6.1.1.	Marc teòric i funcionament.....	140
6.1.2.	Normativa	146
6.1.3.	Disseny i càlculs	149
6.1.4.	Validació del compliment del HE4	164
6.1.	Instal·lació de refrigeració, calefacció i suport ACS.....	170
6.1.1.	Marc teòric i funcionament.....	170
6.1.2.	Normativa	174
6.1.3.	Disseny i càlculs	176
6.1.4.	Anàlisi de la millora en les instal·lacions d'ACS, Calefacció i refrigeració.....	183
6.2.	Instal·lació solar fotovoltaica	187
6.2.1.	Marc teòric i funcionament.....	187
6.2.2.	Normativa	194
6.2.3.	Disseny i càlculs	195
6.2.4.	Producció energètica de la instal·lació solar dissenyada.....	214
6.3.	Instal·lació mini eòlica.....	218
6.3.1.	Marc teòric i funcionament.....	218
6.3.2.	Normativa	223
6.3.3.	Disseny i càlculs	223
6.4.	Instal·lació elèctrica.....	230
6.4.1.	Normativa	230
6.4.2.	Disseny i càlculs	231
6.4.3.	Càlcul de les seccions dels conductors per màxima caiguda de tensió.....	232
6.4.4.	Comprovació de la correcta elecció dels conductors pels mètode de caiguda de tensió	234
6.4.5.	Dimensionament de les proteccions.....	237
6.4.6.	Càlcul posta a terra.....	240
7.	ESTUDI DE VIABILITAT	242
7.2.	Estudi energètic	242
7.3.	Estudi d'emissions contaminants i residus radioactius.....	245
7.4.	Estudi econòmic.....	248
7.4.1.	Hipòtesis 1	251
7.4.2.	Hipòtesis 2	253
8.	ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	256
	CONCLUSIONS	259

PRESSUPOST	261
Capítol 1: aïllaments envolupant tèrmica	262
Capítol 2: finestres i marcs.....	263
Capítol 3: instal·lació solar tèrmica.....	265
Capítol 4: instal·lació solar fotovoltaica i eòlica	266
Capítol 5: instal·lació equip aerotèrmia	267
Capítol 6: cost estudi del projecte	268
Pressupost global.....	269
BIBLIOGRAFIA	271
ANNEXOS	275
Annex A: càlculs	276
Annex B: efecte dels contaminants sobre la salut humana	324
Annex C: Informació cadastral de l'edifici actual	325
Annex D: definició del edifici actual en el programa CE3X	329
Annex E: certificat energètic de l'edifici actual i resultat de les millores (nZEB).....	355
Annex F: característiques tècniques dels equips escollits	379
Annex G: Informe resultats programa CHEQ4	388
Annex H: informe de resultats Saunier Dubal aerotèrmia.....	390
Annex I: dades meteorològiques obtingudes amb l'estació WS1080	392

1. Introducció

En aquest apartat s'introduirà quin es l'objecte i l'abast del projecte. També es posarà de manifest quines són les causes que han provocat la necessitat de desenvolupar i implementar normatives per tal de millorar i construir edificis energèticament més eficients, autosostenibles i amb un baix impacte ambiental fins assolir el concepte d'edificis ZEB (Zero Energy Buildings) o nZEB (Nearly Zero Energy Buildings).

S'explicarà quina es la situació actual del món, s'introduiran quines són les conseqüències d'utilitzar fonts d'energies fòssils tant pel medi ambient com per l'ésser humà i quines fonts d'energies renovables existeixen actualment. A més a més, s'explicarà quin és l'impacte energètic i d'emissions que generen els edificis per tal de cobrir les seves necessitats energètiques.

1.2. Objecte i abast del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és redissenyar els aïllaments i instal·lacions d'un edifici actual i transformar-lo en un edifici de consum energètic zero "ZEB" o gairebé Zero "nZEB" i estudiar-ne la seva viabilitat. Per aquest objectiu es definirà com es l'edifici i es dissenyaran les instal·lacions de ACS, calefacció, refrigeració i generació d'energies renovables.

Un cop dissenyades i definides totes les característiques de l'edifici, s'estudiarà la seva viabilitat tècnica, econòmica i aleshores es compararà amb un edifici convencional. En concret s'utilitzarà un habitatge unifamiliar situat a la localitat de Castellbisbal habitat per 4 persones durant tot l'any.

Per tal de poder realitzar aquesta comparació, s'estudiarà quines són les necessitats energètiques i consums d'aquest edifici existent i llavors es compara amb l'edifici nZEB. D'aquesta manera es pot realitzar una comparació directe i estudiar quin hauria estat la inversió i l'estalvi que s'haguessin produït si s'hagués construït seguint el model d'edificació ZEB o nZEB i amb els recursos energètics dels que disposa aquesta localització (energia solar, vent, subministrament elèctric de la xarxa, gas natural...).

Es pretén també posar en context aquest tipus d'edificis, perquè es necessita augmentar la seva implementació, quina normativa existeix i quina es la seva projecció actual.

2. Estat actual del món

Des dels principis del temps, l'ésser humà ha necessitat utilitzar energia per desenvolupar la seva vida quotidiana: desplaçar-se, cuinar, construir eines, maquinària que ens facilita la vida... i sobretot, construir i climatitzar els habitatges on viure de forma confortable.

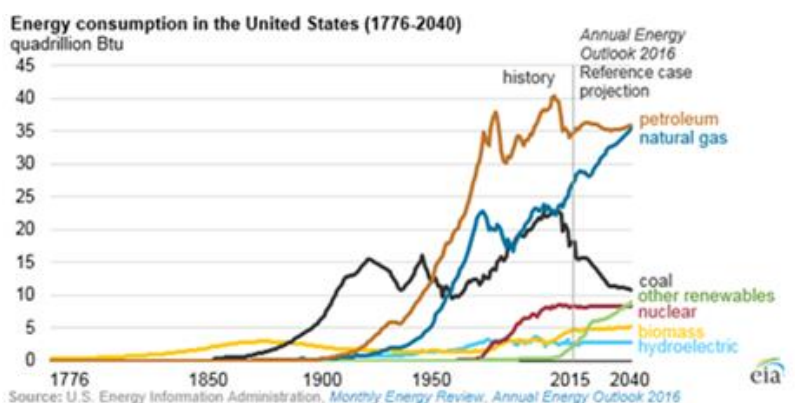
Durant gran part de la història, l'estil de vida dels éssers humans era completament sostenible amb la natura. La població era majoritàriament rural, adaptant les construccions i el seu estil de vida a l'entorn. L'energia provenia fonamentalment dels animals i de la combustió de biomassa, a petita escala, fent possible que el planeta absorbís la contaminació generada i produís nova matèria prima.

No obstant des de mitjans del segle XVIII amb la revolució industrial, l'aparició de l'electricitat i el progrés tecnològic, s'ha incrementat exponencialment el seu consum i s'han hagut d'utilitzar altres fonts d'energia.



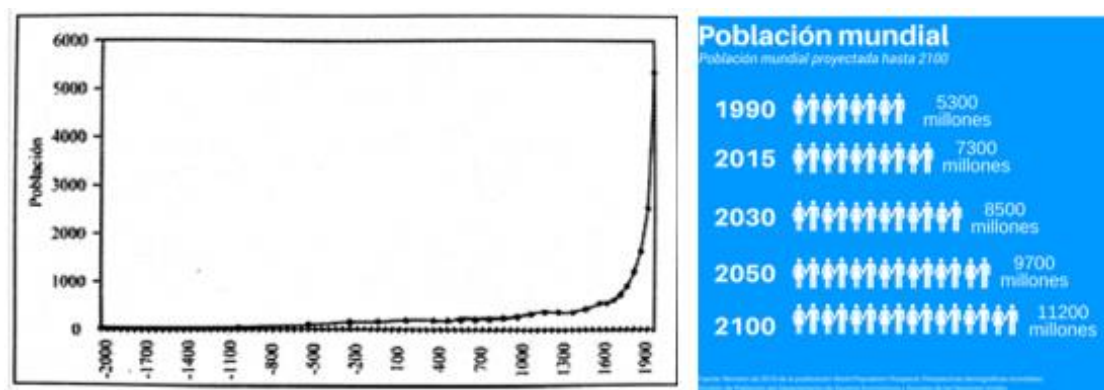
Imatge 1: Evolució de les energies utilitzades 1810-2010. Font: El col·lapse és evitable

Actualment la major part de l'energia prové de la combustió de fonts no renovables com són: el petroli, el gas natural, el carbó i l'urani, amb la finalitat d'obtenir energia tèrmica, mecànica i elèctrica a un cost econòmic baix però amb un gran impacte ambiental. On cal assenyalar que els edificis són els responsables de consumir gairebé la meitat de l'energia produïda.



Gràfic 1: Evolució de consum de diferents energies (1776-2015) i previsions 2045. Font: Monthly Energy Outlook 2016 realitzat per la EIA (Energy Information Administration)

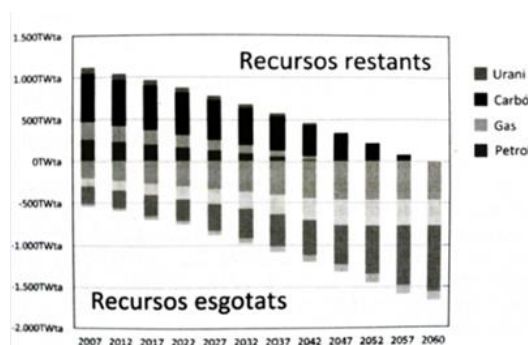
És també en aquest període en que la població mundial comença a créixer de forma espectacular. Gràcies als avenços científics, la prosperitat econòmica i l'abundància d'energia, tal i com es pot veure en el gràfic 2, es va passar de tenir una població mundial a finals del segle XIX de 1.000 milions de persones, a una població de 6.000 milions de persones al finalitzar el segle XX.



Gràfic 2: Evolució de la població mundial 2000 ac 1900dc i previsions 2100. Font: Desarrollo sostenible (edicions UPC) i Naciones unides

Segons les nacions unides, actualment habiten en el planeta unes 7.500 milions de persones i totes les previsions determinen que per l'any 2100 pràcticament es duplicarà la població mundial. Es fa evident que tenim una gran dependència de l'energia i molts científics pronostiquen que amb aquest ritme de creixement i consum, els recursos naturals del planeta no seran suficients per abastir la demanda d'energia i aliment; a no ser que es prengui mesures per controlar el creixement de la població i reduir dràsticament el consum energètic actual.

Aquest consum desmesurat d'energia, esta provocant un esgotament accelerat de les fonts d'energies fòssils. Molts científics pronostiquen que els recursos fòssils s'acabaran molt abans d'acabar l'actual segle. Mostra d'aquest fet és el següent gràfic; on segons explica l'enginyer i professor de la UPC Carles Riba Romeva en el seu llibre titulat "Recursos energètic i crisi: la fi de 200 anys irrepetibles", es pronostica la fi dels recursos de petroli l'any 200, de gas natural el 2047, d'urani al 2050 i finalment el carbó al 2060.



Gràfic 3: Finalització dels recursos energètics no renovables. Font: Recursos energètics i crisi: la fi de 200 anys irrepetibles

Són per tots aquest motius que molts països ja estan prenent mesures per tal de reduir el consum d'energia implementant lleis d'eficiència energètica, limitant les emissions contaminants i promovent l'ús d'energies alternatives i renovables, per tal de no seguir posant en perill el futur de les generacions futures.

2.1. Fonts d'energies fòssils i l'urani

Anomenem energies fòssils a aquelles fonts d'energia primària¹ que es van originar a partir de la descomposició de restes vegetals i animals en un medi anaerobi sotmesos a altes temperatures i pressions fa milions d'anys.

Aquestes energies són:

- Petroli
- Gas natural
- Carbó

Tant les fonts d'energia fòssil com l'urani tenen tres coses en comú: la primera és que són fonts d'energia disponibles en quantitats molt limitades i un cop esgotades no es poden regenerar, per tant són fonts d'energia no renovables.

La segona és que són energies que per utilitzar-les han de ser sotmeses a un procés de combustió en el qual es perd molta energia i per tant són molt poc eficients.

Finalment la tercera és que el seu ús genera molta contaminació en forma de CO₂, partícules, radioactivitat i altres elements contaminants que contribueixen al canvi climàtic i perjudiquen als éssers vius que habiten el planeta.

En el cas concret de l'urani, el seu ús no genera directament emissions de CO₂ però els processos d'extracció i transport de l'U235² sí que en generen i en grans quantitats. A més a més, els residus radioactius, generats durant el procés de fissió d'aquest material, són molt radioactius i cal emmagatzemar-los i mantenir-los aïllats durant milers d'anys, en instal·lacions especials que també generen emissions de CO₂.

¹ És tota forma d'energia que es troba disponible a la naturalesa abans de ser sotmesa a un procés de transformació físic o químic per poder ser utilitzada com a una altra font d'energia (energia secundària).

² U235: Isòtop fissible radioactiu present a la naturalesa, que s'utilitza en els processos de fissió nuclear.

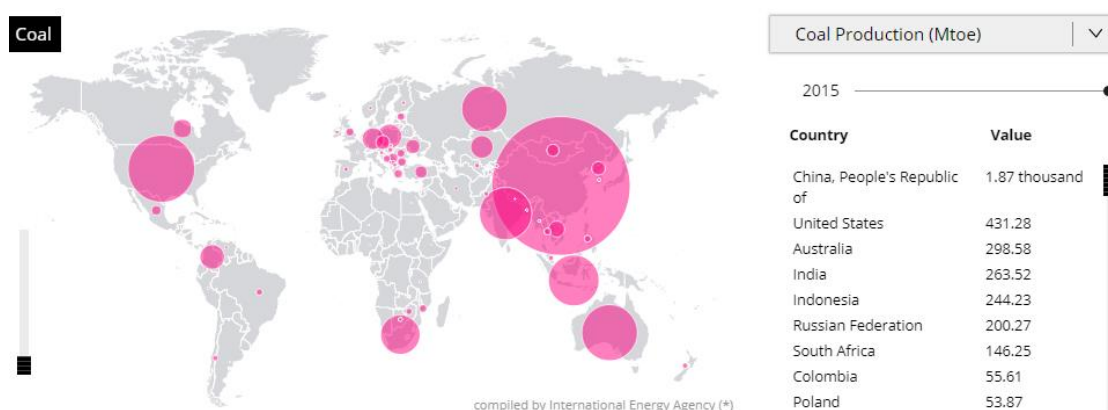
2.1.1. Carbó

És una roca sedimentària de color negre amb un alt contingut de carboni i altres elements com l'hidrogen, sofre, oxigen i nitrogen. La major part del carbó es va formar fa milers d'anys en el període carbonífer fa 359-3418 milions d'anys.

La constatació més antiga del seu ús pertany a l'àrea de la Xina en el 4.000 ac, però no és fins la segle XVIII, que es generalitza i fomenta els seu ús com a font d'energia.

Aquest combustible va ser dels primers combustibles fòssils en ser utilitzats amb finalitats industrials i motrius, fent possible la primera revolució industrial (S.XVIII) alimentant les màquines de vapor que van propiciar l'aparició de nous mètodes de transport com: els trens, vaixells i automòbils impulsats per vapor així com també les primeres fàbriques industrials.

És el combustible fòssil més abundant del planeta, present en la majoria de països. Es caracteritza per ser un combustible de fàcil extracció i utilització, fet que provoca que el seu cost sigui molt baix. Actualment, els majors productors d'aquest combustible són: la Xina, els Estats units, Austràlia i la Índia.



Imatge 2: Producció de carbó a nivell mundial any 2015. Font: IEA (International Energy Agency)

Tot i que actualment el seu ús ha estat substituït en la seva major part pels combustibles derivats del petroli, encara s'utilitza per la producció d'electricitat i energia tèrmica amb greus conseqüències pel medi ambient, ja que genera grans quantitats de CO₂ i altres contaminants. Per exemple: per produir 100MJ d'energia elèctrica (uns 28kWh) s'emeten 12 kg de CO₂ a l'atmosfera.

2.1.2. Petroli

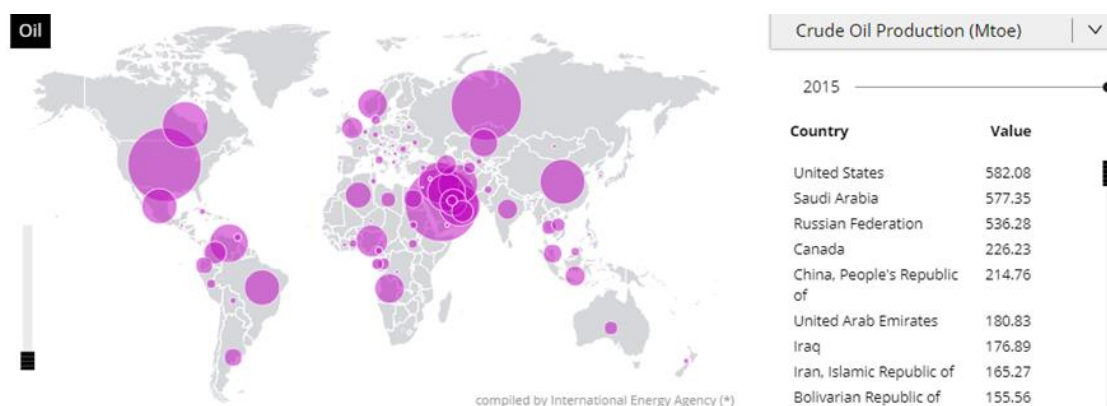
És un líquid viscos, de color fosc i de baixa densitat, format per una complexa barreja d'hidrocarburs³ i d'altres substàncies que contenen oxigen, nitrogen i sofre entre altres.

Tot i que fa més de 6.000 anys que s'utilitza, es considera que es va descobrir l'any 1859 pel coronel Edwin L. Drake (1819-1880), que va perforar el primer pou de petroli amb finalitats empresarials a Oil Creek, Pensilvania. El seu ús es va generalitzar durant la segona revolució industrial⁴ S.XIX, substituint al carbó com a font d'energia degut al seu major poder calorífic, major facilitat de transport (mitjançant oleoductes i petrolers) i menor contaminació.

Taula 1: Poder calorífic dels combustibles Font: Guia tècnica disseny de centrals de calor eficients IDAE

Combustible	Poder calorífic		PCI/PCS (%)
	Inferior (PCI)	Superior (PCS)	
Carbón	9,08 kWh/kg	9,43 kWh/kg	96,3
Gasóleo	10,28 kWh/l	10,89 kWh/kl	94,4
Gas butano	12,73 kWh/kg	13,79 kWh/kg	92,3
Gas propano	12,86 kWh/kg	13,97 kWh/kg	92,1
Gas natural	10,83 kWh/Nm³	11,98 kWh/Nm³	90,4

La majoria de jaciments petrolífers es troben sota terra en estat líquid a una distància que pot anar dels pocs centenars de metres a desenes de kilòmetres. També es pot trobar barrejat amb pissarres i sorres bituminoses les quals s'han de sotmetre a un procés poc eficient i molt contaminant per extraure'n el petroli. Els principals països productors són: Estats units, Aràbia Saudí, Rússia i Canadà.



Imatge 3: Producció de petroli a nivell mundial any 2015. Font: IEA (International Energy Agency)

³ Compost orgànic format per carboni (C) i hidrogen (H)

⁴ Període dintre de la revolució industrial iniciat el 1870. A partir d'aquest moment es produeix un gran desenvolupament de la indústria química, elèctrica, del petroli i l'acer.

El petroli brut, tal i com s'extreu dels jaciments, és generalment inutilitzable, s'ha d'aplicar un tractament de refinatge molt contaminant on es transforma en els diferents productes que demanda la societat actual: lubricants, plàstics, productes químics i diferents combustibles com el gasoil, la gasolina, el butà o el querosè.

Actualment és el combustible més utilitzat a nivell global per generar energia elèctrica, motriu i calorífica. També és un dels principals causants de la contaminació atmosfèrica i escalfament del planeta.

La dependència creada a nivell mundial d'aquesta substància és enorme i no només com a combustible. Mostra d'aquest fet és la invasió dels plàstics derivats del petroli utilitzats en els productes elaborats, envasos, electrònica de consum i molts altres estris, en que abans de l'ús d'aquesta substància s'utilitzaven materials orgànics, biodegradables o més fàcilment reciclables com: el paper, cartró, teles, fusta, vidre, metalls, ceràmica...

A diferència dels materials anteriorment esmentats, els plàstics derivats del petroli, com el polietilè (PE), polipropilè (PP), policlorur de vinil (PVC)... estan formats per substàncies químiques que tarden milers d'anys en descomposar-se. Aquest fet implica que si no es reciclen correctament, aquest plàstics acaben abocats al medi natural arribant als rius, mars i oceans del planeta, afectant greument als diferents ecosistemes.



Imatge 4: Una foca amb un plàstic al coll. Font: RTVE

Una prova evident de les conseqüències d'utilitzar i no reciclar aquest material de forma responsable, són l'aparició en els oceans de les anomenades illes de plàstic. Aquestes illes flotants estan formades per milers i milions de trossos i partícules de plàstic (microplastics), que són transportats a través de les corrents oceàniques fins arribar a les zones convergents⁵ on es formen aquestes illes.



Imatge 5: Zones convergents de les corrents marines Font: Google imatges

En l'actualitat es coneixen l'existència de 5 illes de plàstic, sent les més importants les situades en l'oceà Pacífic nord i l'atlàntic nord, amb extensions aproximades de 1.400.000 km², gairebé 45 vegades la superfície de Catalunya.

La presència d'aquests plàstics en l'oceà té un fort impacte negatiu en els ecosistemes pròxims i la incorporació dels plàstics a la cadena tròfica, provocant la mort dels animals que els ingereixen i

⁵ Són les zones geogràfiques del planeta en que es troben diferents corrents oceàniques

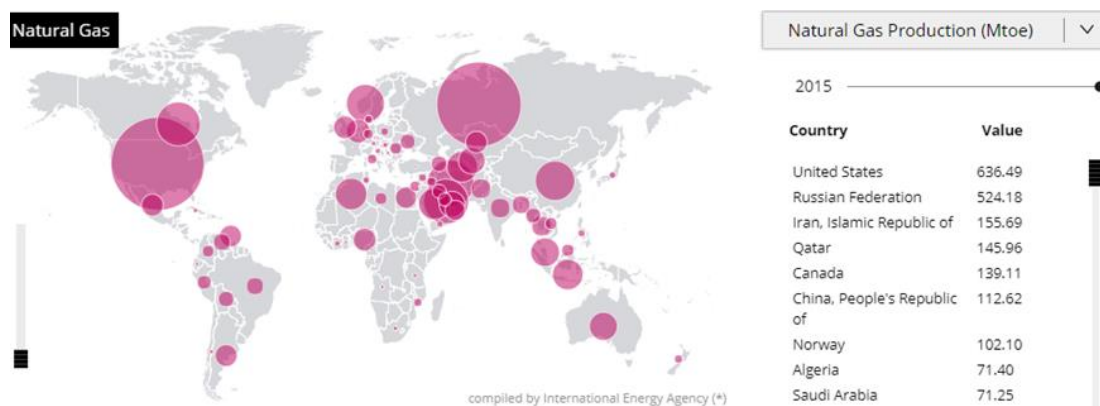
conseqüències negatives en la salut humana. Per exemple els ftalats que contenen les llaunes de conserva, poden causar càncer, els Policlorurs de Bifenil (PCB) i altres compostos poden intoxicar diferents òrgans vitals.

2.1.3. Gas Natural

És un gas lleuger, incolor i inodor constituït per una barreja d'hidrocarburs sent el seu principal component el metà (CH_4).

En el 125 a.c, hi ha constància de la seva utilització a la xina transportant-lo mitjançant canyes de bambú per assecat pedres de sal. Degut a la seva volatilitat i difícil transport, no es va generalitzar el seu ús fins a principis del segle XIX en que s'utilitzava per il·luminar els carrers de les ciutats.

Els jaciments de gas natural solen estar associats amb els jaciments de petroli, ja que també es forma, al igual que el petroli, per la descomposició anaeròbica de material orgànic en certes condicions de pressió i temperatura durant milions d'anys. El gas natural al ser menys pesat que el petroli s'ubica en la part superior de la cavitat del jaciment i es pot transportar mitjançant gasoductes i vaixells metaners de gas natural liquat. Els principals productors de gas natural són: Estats units, Rússia, Iran i Qatar.



Imatge 6: Producció de gas natural a nivell mundial any 2015. Font: IEA (International Energy Agency)

Dels combustibles fòssils utilitzats en l'actualitat, el gas natural és el menys contaminant ja que la seva extracció no sol necessitar cap transformació més enllà d'un procés de purificació, la seva combustió és més eficient i produeix menors gasos contaminants (40-50% menys de CO_2 que el carbó i 25-30%

menys que el fuel-oil) tant si es fa servir com a font de calor o per la generació d'electricitat en les centrals de cicle combinat⁶.

Són per aquest motiu que actualment s'està impulsant la seva utilització per a substituir altres fonts d'energia més contaminants com són el carbó i el petroli com a fonts de calor en els habitatges i com a substitut del petroli en el transport.

No obstant els seus avantatges, s'ha de tenir en compte que és un substitut temporal i que no és una solució als problemes actuals i futurs ja que es tracte d'un combustible no renovable, amb reserves limitades i que també genera contaminació atmosfèrica. A més a més, al estar compost en la seva majoria per metà, si es produeixen fuites durant la seva extracció o distribució, aquest gas té un poder d'escalfament (GWP)⁷ 72 vegades superior que el CO₂ en un període de 20 anys segons l'IPCC⁸, per lo que és un gas més perjudicial que accelera els efectes de l'efecte hivernacle si no s'utilitza adequadament.

Per tant és seu ús ha de ser temporal mentre es produeix la transició energètica cap a fonts energètiques 100% renovables.

2.1.4. Urani

L'urani, és un element químic metàl·lic present de forma natural al planeta i que s'utilitza en els reactors nuclears per obtenir energia, en concret s'utilitza l'isòtop d'urani U-235 present en la natura en només un 0,7% del total d'isòtops d'urani.

Per obtenir energia a partir de l'urani, el que es fa es provocar una reacció de fissió controlada, bombardejant neutrons sobre el combustible (òxid d'urani enriquit amb concentracions del 3-5% d'U-235) que provoca un alliberament d'energia tèrmica que al igual que les energies anteriorment vistes, s'utilitza per generar vapor d'aigua i moure una turbina solidària a un generador de corrent elèctric.

Aquest combustible es presenta en molt baixes concentracions en roques, terra aigua, éssers vius... i es va formar a partir de les explosions de les supernoves en la formació de l'univers.

⁶ Procés en que es genera mitjançant dos processos termodinàmics en el mateix sistema. En el primer procés s'utilitza gas provinent d'una combustió i en el segon vapor d'aigua generat a partir de l'aprofitament de la calor despres en el primer procés.

⁷ Global Warming Potential: grau d'impacte dels gasos que contribueixen a l'augment de l'efecte hivernacle en un interval de temps de 20, 100 o 500 anys. GWP del CO₂ =1.

⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc.ch/>

La primera central nuclear que es va construir per generar electricitat, és la central nuclear de Óbninsk en funcionament des del 26 de juny del 1954 fins el 29 d'abril de 2002. Tenia una capacitat de generació de només 5MW amb un 17% de rendiment tèrmic.

Les principals canteres d'urani es troben en els següents països: Austràlia, Kazajistán, Rússia, Sudàfrica, Canada i els EUA.

Com ja s'ha dit anteriorment l'ús d'aquesta energia no genera CO₂ directament, però si ho fa indirectament i en grans quantitats la seva extracció, transport i posterior emmagatzematge dels residus radioactius.

Actualment al món existeixen 435 reactors nuclears en funcionament, en concret a Espanya hi ha 6 centrals nuclears que sumen un total de 8 reactors. La suma de tots aquest reactors són els responsables de generar el 21%⁹ de l'energia elèctrica del sistema nacional elèctric.

Tenint en compte l'alt risc d'accident, com els soferts recentment a les centrals de Txernòbil i Fukushima, el baix rendiment d'aquest tipus d'instal·lacions, l'escassetat del combustible utilitzat i la posterior gestió dels perillosos residus radioactius generats, no és una tecnologia per la que calgui seguir apostant.

Actualment aquestes són les fonts d'energia primària que s'utilitzen a tot al món i que de forma directe o indirecte s'utilitzen en els edificis. Per tal de poder utilitzar aquestes fonts d'energia primària, s'han de sotmetre a processos de combustió o fissió, en el cas de l'energia nuclear, per tal de poder obtenir altres fonts d'energia secundària per la seva posterior utilització o consum en els edificis en forma d'energia final¹⁰ (energia tèrmica, elèctrica o mecànica).

Més endavant es veurà com en la majoria de les fonts d'energia renovables, no es necessiten aplicar tantes transformacions ja que se solen obtenir les energies finals de consum (elèctrica i tèrmica) de forma molt més directe, eficient i sense emissions contaminants.

⁹ El 21% de l'energia elèctrica generada el 2013 en el sistema elèctric espanyol segons el que s'indica en la pàgina web del ministeri d'energia, turisme i agenda digital del govern d'Espanya.

¹⁰ Energia final: es tota energia destinada al seu ús directe

2.2. Impacte de les fonts d'energia convencional

Com ja s'ha dit en l'apartat anterior, les fonts d'energia convencional (fòssil i nuclear), són energies no renovables, escasses, poc eficients, perilloses i molt contaminants que han de ser substituïdes per fonts d'energia més neta i eficients.

En la següent taula realitzada amb les dades del llibre “El col·lapse energètic és evitable” es pot veure els processos de transformació que pateixen les energies primàries utilitzades, els rendiments obtinguts i les emissions de CO₂ generades per transformar-les en energies útils (tèrmica, mecànica i elèctrica).

Taula 2: Processos de transformació de les energies primàries a finals, rendiments associats i emissions de CO₂ Font: llibre “El col·lapse energètic és evitable”

Energia primària	Rendiment de la transformació energia primària a secundària	Energia secundària	Combustió	Energia tèrmica	Transformació termodinàmica	Energia motriu	Generació elèctrica	Energia elèctrica	Rendiment final
PETROLI 100 MJ	86% 14,2 gCO ₂ /MJ	Gasoil 86 MJ 1.420 gCO ₂	Caldera 90% 69 gCO ₂ /MJ	Calor 77,40 MJ 7.354 gCO ₂					77,40%
PETROLI 100 MJ	86% 14,2 gCO ₂ /MJ	Gasoil 86 MJ 1.420 gCO ₂		Cicle Dièsel 86 MJ 5.934 gCO ₂	25%	Eix 21,50 MJ 7.354 gCO ₂			21,50%
PETROLI 100 MJ	87% 12,5	Gasolina 87 MJ 1250 gCO ₂		Cicle otto 87 MJ 5.829 gCO ₂	22%	Eix 19,14 MJ 7.079 gCO ₂			19,14%
PETROLI 100 MJ	86% 14,2 gCO ₂ /MJ	Gasoil 86 MJ 1.420 gCO ₂	Caldera 90% 69 gCO ₂ /MJ	Vapor 77,40 MJ 5.934 gCO ₂	Turbina 48%	Eix 37,15 MJ 7.354 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 33,44 MJ 7.354 gCO ₂	33,44%
PETROLI 100 MJ	86% 14,2 gCO ₂ /MJ	Gasoil 86 MJ 1.420 gCO ₂		Cicle Dièsel 86 MJ 5.934 gCO ₂	25%	Eix 21,50 MJ 7.354 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 19,35 MJ 7.354 gCO ₂	19,35%
PETROLI 100 MJ	87% 12,5	Gasolina 87 MJ 1250 gCO ₂		Cicle otto 87 MJ 5.829 gCO ₂	22%	Eix 19,14 MJ 7.079 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 17,23 MJ 7.079 gCO ₂	17,23%
GAS NATURAL 100 MJ	Gas natural fòssil 84% 15 gCO ₂ /MJ	Gas natural 84 MJ 1.500 gCO ₂	Caldera 90% 50,2 gCO ₂ /MJ	Calor 75,6 MJ 5.716,8 gCO ₂					75,60%
GAS NATURAL 100 MJ	Gas natural fòssil 84% 15 gCO ₂ /MJ	Gas natural 84 MJ 1.500 gCO ₂		Cicle combin. 84 MJ 4.216,8 gCO ₂	60%	Eix 50,40 MJ 5.716,8 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 45,36 MJ 5.716,8 gCO ₂	45,36%
GAS NATURAL 100 MJ	Gas natural fòssil 84% 15 gCO ₂ /MJ	Gas natural 84 MJ 1.500 gCO ₂	Caldera 90% 50,2 gCO ₂ /MJ	Vapor 75,60 MJ 4.261,8 gCO ₂	Turbina 48%	Eix 36,29 MJ 5.716,8 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 32,66 MJ 5.716,8 gCO ₂	32,66%
CARBÓ 100 MJ	80% 23 gCO ₂ /MJ	Carbó comb. 80 MJ 2.300 gCO ₂	Caldera 80% 120 gCO ₂ /MJ	Calor 64 MJ 11.900 gCO ₂					64,00%
CARBÓ 100 MJ	80% 23 gCO ₂ /MJ	Carbó comb. 80 MJ 2.300 gCO ₂	Caldera 80% 120 gCO ₂ /MJ	Vapor 64 MJ 9.600 gCO ₂	Turbina 48%	Eix 30,72 MJ 11.900 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 27,65 MJ 11.900 gCO ₂	27,65%
URANI 100 MJ	60% 25gCO ₂ /MJ	Urani 235 60 MJ 2.500 gCO ₂	Reactor 90% 0 gCO ₂ /MJ	Vapor 54 MJ 0 gCO ₂	Turbina 48%	Eix 25,92 MJ 2.500 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 23,33 MJ 2.500 gCO ₂	23,33%

En tots els casos de transformació energètica, al haver de passar per un procés de combustió, es perd molta energia, fet que explica els baixos rendiments dels combustibles fòssils en totes les aplicacions i

la generació de grans quantitats de contaminants com el CO₂, que tenen un gran impacte al planeta Terra i els éssers vius que hi habiten.

Les energies no renovables, afecten greument el medi ambient, la salut de les persones i també tenen influència directe en l'economia i les relacions internacionals entre països, provocant situacions de conflicte i dependència entre els països productors i consumidors. També generen inestabilitat política en els països productors, pel control de les matèries primeres.

A continuació s'explicaran els principals impactes negatius de l'ús de les fonts d'energia no renovable que en els últims anys han propiciat la mobilització de la població i la presa de consciència d'alguns governs, per a realitzar una transició energètica cap a altres energies més netes, eficients, gratuïtes i inesgotables com són les energies renovables i la implementació de normatives per a la reducció de les emissions contaminants i l'augment de l'eficiència energètica.

Una de les conseqüències d'aquesta transició, és la implementació dels edificis ZEB (Zero Energy Building), que són objecte d'aquest treball, ja que reuneixen la majoria de característiques d'aquesta transició energètica: eficiència, l'ús d'energies renovables i baixes emissions de CO₂.

2.2.1. Contaminació atmosfèrica

El procés de combustió que han de passar les energies fòssils per transformar-les en energies útils, es defineix com el conjunt de reaccions químiques d'oxidació en el qual es necessita un combustible, un comburent (aire¹¹) i una energia d'activació (font de calor) en el que s'obtenen com a resultat del procés, energia tèrmica i contaminants com el CO₂.

Taula 3: Emissions de CO₂/kWh Font: Guia practica per al càlcul d'emissions de gasos d'efecte hivernacle elaborat per la Oficina Catalana del Canvi Climàtic

COMBUSTIBLE	FACTOR D'EMISSION ²³
Gas natural (kWh)	0,18 kg CO ₂ /kWh de gas natural ²⁴
Gas butà (kWh)	0,24 kg CO ₂ /kWh de gas butà
Gas propà (kWh)	0,23 kg CO ₂ /kWh de gas propà
Gasoil (kWh)	0,27 kg CO ₂ /kWh de gasoil
Fuel (kWh)	0,28 kg CO ₂ /kWh de fuel
GLP genèric (kWh)	0,23 kg CO ₂ /kWh de GLP genèric
Carbó nacional (kWh)	0,36 kg CO ₂ /kWh de carbó nacional
Carbó d'importació (kWh)	0,36 kg CO ₂ /kWh de carbó d'importació
Coc de petroli (kWh)	0,35 kg CO ₂ /kWh de coc de petroli

¹¹ Aire: comburent utilitzat normalment en els processos de combustió format per un 21% d'oxigen O₂, 78% de nitrogen N₂ i menys d'un 1% d'altres substàncies

Observant la taula anterior es poden veure les diferents emissions de CO₂ per kWh que es genera al cremar un combustible fòssil, sent el menys contaminant el gas natural i el més contaminant el petroli i el carbó nacional.

Segons la llei de protecció de l'ambient atmosfèric de Catalunya 22/1983, 21 de novembre:

“S’entén per contaminació atmosfèrica la presència a l’aire de substàncies o de formes d’energia que impliquen risc, dany immediat o diferit o molèstia per a les persones i per als béns de qualsevol naturalesa. Una activitat potencialment contaminadora de l’atmosfera és aquella que, per raó de les seves emissions, altera la composició natural de l’aire i causa trastorns als éssers vius.”

Pràcticament el 80% dels contaminants que s’aboquen a l’atmosfera actualment, provenen de la combustió de carburants fòssils. Aquest contaminants, emesos a l’atmosfera, modifiquen la seva composició i provoquen diferents fenòmens com són el canvi climàtic a conseqüència de l’efecte hivernacle, la pluja àcida i l’aparició de l’smog¹² a les ciutats. A més a més tenen greus efectes sobre la salut de les persones, animals, plantes i ecosistemes provocant l’aparició de malalties i fins i tot la mort.

2.2.1.1. Canvi climàtic i efecte hivernacle

El canvi climàtic és un fenomen natural que es produeix a la Terra des dels seus inicis. El clima ve determinat per la interacció del Sol amb els elements que formen la Terra: l’aire, l’aigua, la terra, la vida i actualment la humanitat.

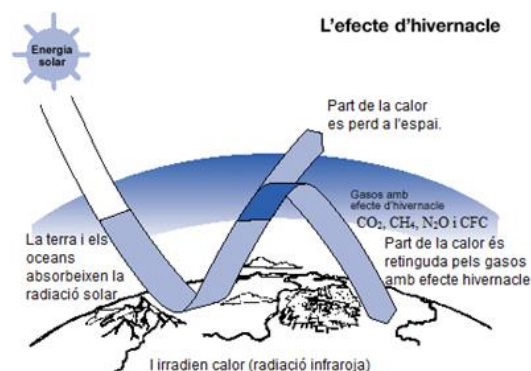
Tal i com el seu nom indica aquest fenomen es caracteritza pel canvi del clima en una regió o en tot el món. Sempre s’ha dut a terme d’una manera molt lenta, tant, que les plantes i els animals s’han pogut adaptar a les noves condicions climàtiques del seu hàbitat.

No obstant en l’actualitat s’està produint una acceleració del canvi climàtic a conseqüència de les emissions contaminants d’origen antropogènic, que provoquen l’anomenat efecte hivernacle. Aquest fenomen també té un origen natural i és el màxim responsable del canvi climàtic. És necessari pels éssers vius ja que manté la temperatura mitjana de la Terra a 15 °C, temperatura ideal per a la vida.

¹² Boira fotoquímica formada per la presència elevada de contaminants a l’atmosfera

Els principals gasos responsables de l'efecte hivernacle són:

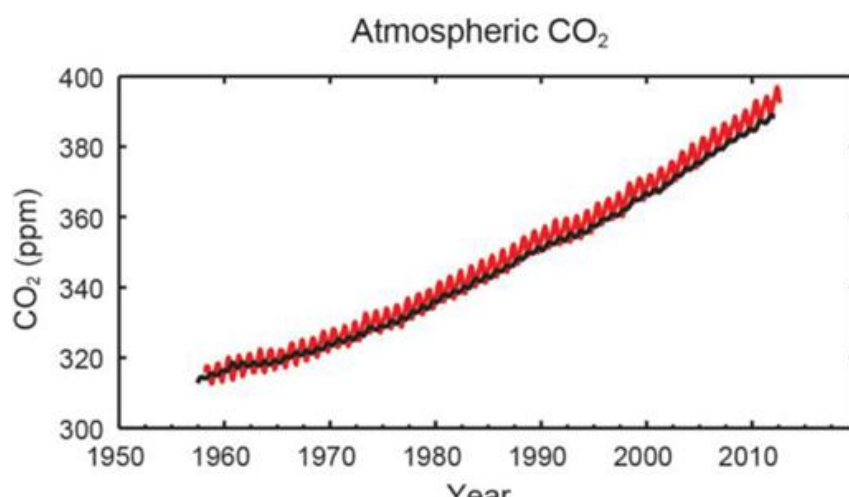
- El diòxid de carboni CO_2 .
- El metà (CH_4).
- L'òxid nitrós N_2O .
- El vapor d'aigua
- L'ozó
- Els halo carbons¹³



Imatge 7: Efecte hivernacle Font: Oficina Catalana del Canvi Climàtic

El funcionament d'aquest fenomen és molt simple: la Terra s'escalfa gràcies a l'energia provinent del Sol que impacta sobre la superfície de la Terra. Part d'aquesta energia es reenvia a l'espai en forma de radiació infraroja, però no tota torna a l'espai, aproximadament el 90% d'aquesta radiació és reabsorbida pels gasos que formen l'atmosfera i fan possible que el planeta es mantingui a una temperatura adequada per a la vida.

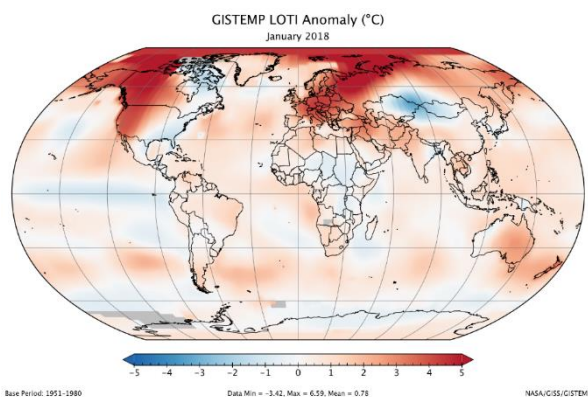
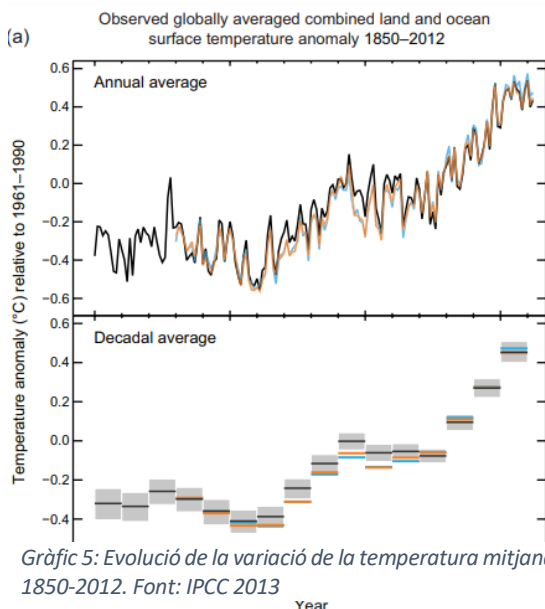
Actualment el problema de l'efecte hivernacle, és que la quantitat de gasos responsables d'aquest fenomen presents a l'atmosfera, ha augmentat molt a causa del consum desmesurat dels combustibles fòssils des de la primera revolució industrial, sent el principal contaminant atmosfèric responsable el CO_2 .



Gràfic 4: Concentracions de CO_2 1960-2010 estació de Mauna Loa (vermell), Pol Sud (Nege). Font: IPCC 2013

¹³ Halocarbons: són els hidrofluorocarburs (HFC), els perfluorocarburs (PFC), l'hexafluorur de sofre (SF_6) i el trifluorur de nitrogen (NF_3).

L'augment d'aquest i altres gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera provoca que la quantitat d'energia retinguda a l'atmosfera sigui cada cop més gran i per tant la temperatura del planeta augmenta cada any tal i com es pot observar en el següent gràfic.



Aquest augment té greus conseqüències a curt i llarg termini: el desglaç dels pols, l'augment del nivell del mar, l'acceleració del canvi climàtic amb alteracions de les temperatures, tempestes més fortes, tornados i huracans més freqüents, inundacions, sequeres i altres fenòmens que dificulten la vida al planeta Terra.

Tan greu és el problema, que ja en el 1988 el Programa de les Nacions Unides pel Medi Ambient (PNUMA) i la Organització Meteorològica Mundial (OMM), van crear el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), un grup intergovernamental d'experts sobre el canvi climàtic que depèn de les Nacions Unides.

Aquest òrgan científic, format pels països membres de les Nacions Unides i de la OMM on actualment 195 països són membres del IPPC, realitza avaluacions integrals de forma periòdica de l'estat dels coneixement científics, tècnics i socioeconòmics sobre el canvi climàtic, amb l'objectiu d'estudiar les seves causes, possibles repercussions i estratègies per afrontar el problema.

Fins el moment s'han realitzat cinc informes d'avaluació integral (1990, 1995, 2001, 2007 i 2013-2014), entre altres informes espacials, compostos per diferents volums en que es realitzen una avaluació tècnica i científica completa sobre el canvi climàtic.

S'espera que el 6é informe estigui disponible l'any 2021-2022, d'aquesta manera els diferents països podran examinar els progressos assolits en aquesta matèria per tal d'assolir l'objectiu de mantenir l'escalfament global molt per sota dels 2°C en referència a les temperatures mitges en la era preindustrial i prosseguir amb els esforços de limitar l'augment de temperatura mitjana mundial a 1,5°C abans d'acabar el segle, tal i com es va acordar en els acords de Paris¹⁴ de 2015.

D'altra banda també hi ha científics més crítics que pronostiquen un increment de la temperatura mitjana del planera en breu de més de 4°C i asseguren que les conseqüències ambientals d'aquest increment ja s'està patint en l'actualitat amb les greus sequeres i l'increment de tempestes torrencials.

2.2.1.2. Pluja àcida

Es considera pluja àcida a qualsevol precipitació en forma de pluja, neu, aiguaneu, boira, rosada o pols seca amb un pH inferior a 5,65. Aquesta acidesa en la pluja es produeix per culpa de diferents substàncies presents a l'atmosfera que són alliberades en els diferents processos de crema dels combustibles fòssils i també de forma natural.

Les substàncies que formen la pluja àcida són: el NO, NO₂, NO₃ i el SO₂. Aquestes substàncies al combinar-se amb l'aigua de l'atmosfera formen àcids com: l'àcid nítrós (HNO₂), àcid nítric (HNO₃) i l'àcid sulfúric (H₂SO₄) que cauen en forma de precipitació.



Imatge 9: Procés de creació de la pluja àcida

Aquestes precipitacions afecten greument la vegetació, els llacs i rius, els animals, la salut de les persones, vehicles, monuments edificis i estructures.

¹⁴ És un acord dintre del conveni marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic que estableix mesures per a la reducció d'emissions amb efecte d'hivernacle a partir de l'any 2020 creat el 2015 a Paris en la XXI conferència sobre canvi climàtic

2.2.1.3. Boires fotoquímiques (Smog o Esmog)



Imatge 10: Smog sobre la ciutat de Madrid 2017

La boira fotoquímica, “smog o esmog”, és una boira de color marró o groc formada per la combinació de fum, boira i diverses partícules que es forma en les zones urbanes on hi ha un alt nivell de gasos contaminants amb un alt nivell d’insolació.

Els gasos responsables d’aquets fenomen són els NOx “òxids de nitrogen” i hidrocarburs que reaccionen sota condicions de forta radiació solar, donant origen a l’ozó (O₃).

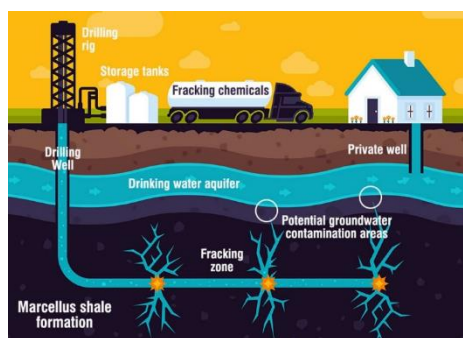
A curt termini, els seus efectes són locals i té més incidència sobre la població quan es produeix la inversió tèrmica¹⁵ sobre les ciutats, creant una coberta anomenada boina que impedeix la dissipació dels elements que formen l’esmog. A llarg termini, els efectes de la boira fotoquímica poden afectar a altres zones més allunyades degut a l’acció del vent.

Aquesta boira té efectes negatius sobre els cultius, la vegetació i la salut dels éssers humans irritant les mucoses, la gola i els ulls, té un efecte d’envelliment prematur dels pulmons reduint la capacitat pulmonar, produint diverses malalties respiratòries (com l’asma, bronquitis), reduint la capacitat del sistema immunològic i de l’aparell respiratori. A les persones al·lèrgiques, els produeix una major sensibilitat als al·lèrgens ambientals (àcars de la pols, pol·len, fongs...).

¹⁵ Augment de la temperatura de l’aire en les zones altes de l’atmosfera que dificulta els fluxos naturals de l’aire.

2.2.2. Contaminació i destrucció del medi natural

L'obtenció i transport de les energies provinents dels combustibles fòssil, no només implica el consum d'energia i emissions contaminants per la seva extracció i refinament. La majoria d'aquestes fonts, es troben en localitzacions molt concretes, majoritàriament de difícil accés i s'han de transportar per tot el món amb trajectes llargs, costosos i perillosos.



Imatge 11: Funcionament del Fracking

Les tècniques utilitzades per accedir a aquestes energies i els processos per transformar-les, són molt contaminants i tenen un gran impacte en les zones d'explotació i un risc elevat al voltant de les rutes de transport de l'energia.

Són exemple d'aquesta contaminació, les noves tècniques com el *fracking* en que es realitzen perforacions horitzontals de fins a 1.000m de longitud a una profunditat de 2.500m en la que s'introdueixen aigua i altres substàncies sota terra per obrir fractures en les roques i extreure'n el gas i el petroli present. Aquesta tècnica provoca la contaminació dels aqüífers i les corrents d'aigua subterrània.

Altres tècniques com l'extracció del petroli de les sorres bituminoses del Canadà o les mines a cel obert de carbó a la Xina, generen la desforestació i contaminació de grans extensions de terra, reduint les zones de sol cultivable i de boscos, tan necessaris per l'absorció del CO₂ present a l'atmosfera i la generació de l'oxigen necessari per tots els éssers vius.



Imatge 12: Explotació de sorres bituminoses al Canadà



Imatge 13: Accident del "Prestige" 2002

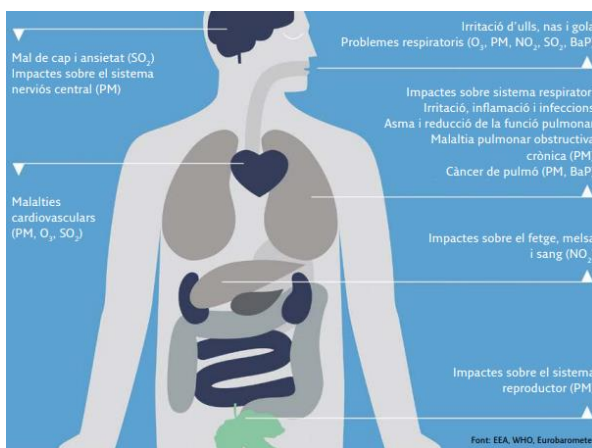
També es genera contaminació en el seu transport degut a les fuites i vessament produïts per accidents com el del petrolier Prestige a les costes gallegues l'any 2002, en que es van vessar 63.000 tones de fuel-oil causant greus problemes a les Ries Baixes. El petroli al ser menys dens que l'aigua sura i és capaç de cobrir grans extensions que poden arribar a les costes i les platges. En aquest cas en concret el vessament també va afectar a les costes de Portugal i França causant la mort de milers d'aus, mamífers marins, peixos i contaminant tota la producció pesquera de musclos, peixos i marisc de la costa gallega, portuguesa i francesa.

2.2.3. Malalties

Avui en dia els humans i tots els éssers vius estan exposats a una gran quantitat d'agents externs perjudicials per a la salut produïts per la contaminació ambiental (gasos contaminants, partícules (PM₁₀, PM_{2,5}), canvis en el clima...) provinents per l'ús de combustibles fòssils. La OMS (Organització Mundial de la Salut) estima que durant el 2014, el 92% de la població vivia en localitzacions on no es respecten les directrius establertes per aquest organisme sobre la qualitat de l'aire.



Imatge 14: Nen amb problemes respiratoris



Imatge 15: Òrgans afectats i malalties causades per diferents contaminants. Font: Pla d'actuació per la millora de la qualitat de l'aire, horitzó 2020, Generalitat de Catalunya

combustibles fòssils responsables d'aquestes malalties.

Aquesta contaminació de l'aire afecta principalment als nens petits, la gent gran, les dones embarassades i la gent que pateix alguna malaltia respiratòria (asma, bronquitis, al·lèrgies...) o cardiovascular (trombosis venosa, arteriosclerosi, angines, infarts de miocardi...) que s'agreugen com més a prop viuen les persones dels grans centres urbans o de polígons industrials, a més, l'exposició prolongada redueix l'esperança de vida. En l'annex B es troba un llistat dels principals contaminants emesos per la combustió dels

Algunes d'aquestes malalties són temporals i es poden tractar, però n'hi ha d'altres que un cop es contrauen ja són de per vida i es necessita un rigorós control i medicació per alleujar els seus símptomes amb la conseqüent repercussió econòmica que té pels afectats i pel sistema de sanitat pública.

Segons estimacions de 2012 realitzades per la OMS, la contaminació atmosfèrica de les ciutats i zones rurals, provoca anualment 3 milions de defuncions prematures a causa de l'exposició a petites partícules amb un diàmetre inferior a 10 micres (PM₁₀). A Europa, en l'últim informe publicat el 2017 per l'Agència Europea del Medi Ambient (AEMA), l'any 2014 van morir a de forma prematura 428.000¹⁶ persones a causa de la contaminació atmosfèrica, d'aquestes 31.520 morts es van produir a Espanya.

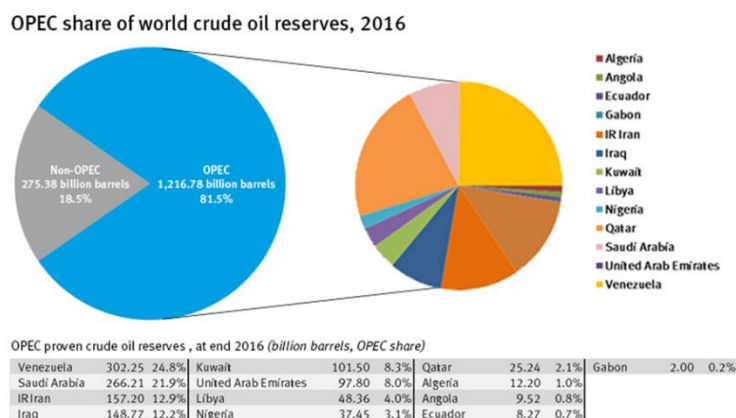
¹⁶ Noticia publicada pel diari "elPeriódico" el 11/10/2017 sota el títol "La contaminació atmosfèrica provoca 428.000 morts prematures cada any a Europa"

Per tal de reduir aquest tipus de malalties cal eradicar la contaminació produïda per l'ús dels combustibles, tant en les centrals de generació com a les nostres llars. Segons un informe de l'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB), si s'aconseguís reduir la contaminació ambiental als límits establerts per la OMS, s'aconseguirien evitar 250¹⁷ morts prematures i gairebé 1.500 ingressos hospitalaris anualment, a conseqüència directe de la contaminació atmosfèrica.

2.2.4. Conflictes

L'escassetat i la distribució de les fonts de combustibles fòssils i l'urani, han provocat que existeixi una gran dependència entre els països consumidors i els països productors generant tensions i conflictes polítics entre països que en moltes ocasions han derivat en conflictes armats.

Un exemple d'aquesta dependència és la crisi del petroli produïda el 1973. Aquest any els països exportadors de petroli formats pels actuals membres de la OPEP¹⁸ i altres com Egipte i Síria, van acordar deixar de subministrar petroli als països que havien donat suport a Israel en la guerra del Yom Kipur (6-25 d'octubre de 1973). Aquest fet va provocar que la OPEP augmentés el preu del cru un 70% i va amenaçar en reduir la producció en un 5% mensual.



Gràfic 6: Reserves mundials de petroli 2016 Font OPEP

L'augment del preu del petroli va tenir greus conseqüències en els països consumidors provocant un fort retrocés en les economies dels països afectats, originant un gran augment de l'atur degut al

¹⁷ Notícia publicada pel diari "El País" el 29/11/2017 sota el títol "Barcelona xifra en 250 les morts anuals que causa la contaminació"

¹⁸ OPEP: Organització de Països Exportadors de Petroli, fundada el 14 setembre de 1960 a Bagdad, Irak



Imatge 16: Soldat en la guerra d'Iraq

tancament de les empreses. La població davant la por de quedar-se sense benzina, van crear llargues cues de vehicles a les benzineres deixant-les sense combustible.

En aquell moment va quedar patent la dependència energètica dels combustibles fòssils i països com els Estats Units d'Amèrica (EUA), van implantar mesures d'estalvi energètic i millores d'eficiència energètica per reduir el consum d'aquets combustibles.

2.3. Fonts d'energia Renovables

Anomenem fonts d'energia renovables, a aquelles fonts les quals són inesgotables a escala humana ja que la majoria provenen o es formen gràcies al Sol. A diferència de les energies fòssils, són fluxos energètics que es troben disponibles en tot el món, en diferents quantitats o disponibilitat i que es renoven o regeneren de forma natural.

Es consideren com energies renovables:

- Biomassa
- Solar
- Eòlica
- Hidràulica
- Geotèrmica

Aquestes energies, exceptuant la biomassa, no emeten cap tipus de contaminant durant el seu ús, a més a més són gratuïtes ja que el Sol, el vent o l'aigua no són propietat de ningú i amb els mitjans adequats, tothom les pot utilitzar directament.

Es caracteritzen per tenir un alt rendiment ja que es poden aprofitar directament o necessiten passar per pocs processos de conversió, per transformar-les en energies secundaries. Exceptuant la biomassa, cap d'elles ha de passar per un procés de combustió en el qual es perd molta energia, d'aquí la seva alta eficiència.

També es consideren protagonistes del imminent canvi del model energètic actual ja que a diferència de les fòssils, es genera l'energia molt a prop dels punts de consum, el Sol o el vent no són propietat de ningú i aquest tipus d'energies no passen per molts processos de transformació. Tot això fa que siguin energies menys susceptibles a l'especulació d'empreses i mercats com sí passa amb les fòssils.

En la següent taula, es pot veure la comparació del rendiment de les energies renovables i les emissions de CO₂ associades, són inferiors inclús nul·les a les que es mostren en la taula 2 referents als combustibles fòssils.

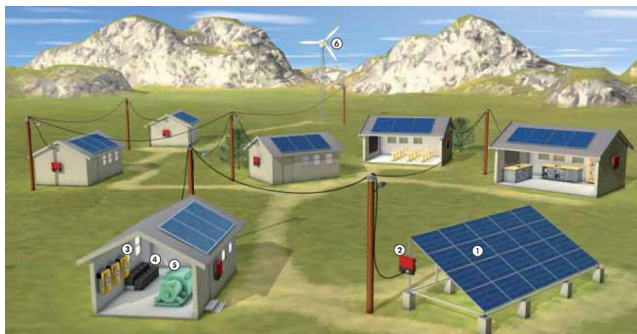
Taula 4: Processos de transformació de les energies primàries a finals, rendiments associats i emissions de CO₂ Font: llibre "El col·lapse energètic és evitable"

Energia primària	Rendiment de la transformació energia primària a secundària	Energia secundària	Combustió	Energia tèrmica	Transformació termodinàmica	Energia motriu	Generació elèctrica	Energia elèctrica	Rendiment final
BIOMASSA 100 MJ -70 gCO ₂	88% 8 gCO ₂ /MJ	Biomassa útil 88 MJ 800 gCO ₂	Caldera 90% 55 gCO ₂ /MJ	Calor 79,20 MJ -1.360 gCO ₂					79,20%
BIOMASSA 100 MJ -70 gCO ₂	45% 8 gCO ₂ /MJ	Biodièsel 45 MJ 800 gCO ₂		Cicle Dièsel 45 MJ 3.105 gCO ₂	25%	Eix 11,25 MJ -3.095 gCO ₂			11,25%
BIOMASSA 100 MJ -70 gCO ₂	88% 8 gCO ₂ /MJ	Biomassa útil 88 MJ 800 gCO ₂		Cicle comb. 88 MJ 4.840 gCO ₂	50%	Eix 44 MJ -1.360 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 39,6 MJ -1.360 gCO ₂	39,60%
BIOMASSA 100 MJ -70 gCO ₂	88% 8 gCO ₂ /MJ	Biomassa útil 88 MJ 800 gCO ₂	Caldera 90% 55 gCO ₂ /MJ	Vapor 70,40 MJ 4.840 gCO ₂	Turbina 48%	Eix 33,79 MJ -1.360 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 30,41 MJ -1.360 gCO ₂	30,41%
HIDRÀULICA 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ				Turbina 90%	Eix 90 MJ 0 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 81 MJ 0 gCO ₂	81,00%
EÒLICA 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ				Molí de vent 59,30%	Eix 59,3 MJ 0 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 53,37 MJ 0 gCO ₂	53,30%
SOLAR 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ		Panells tèrm. 80% 0 gCO ₂ /MJ	Calor 80 MJ 0 gCO ₂ /MJ					80,00%
SOLAR 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ		Panells tèrm. 80% 0 gCO ₂ /MJ	Vapor 80 MJ 0 gCO ₂ /MJ	Turbina 48%	Eix 38,40 MJ 0 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 34,56 MJ 0 gCO ₂	34,56%
SOLAR 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ						Panells Fotovoltaics 15%	Xarxa 15 MJ 0 gCO ₂	15,00%
GEOTÈRMICA 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ		Bomba calor 60% 0 gCO ₂ /MJ	Calor 60 MJ 0 gCO ₂					60,00%
GEOTÈRMICA 100 MJ	0 gCO ₂ /MJ		Bomba calor 60% 0 gCO ₂ /MJ	Vapor 60 MJ 0 gCO ₂	Turbina 48%	Eix 28,8 MJ 0 gCO ₂	Generador 90%	Xarxa 25,92 MJ 0 gCO ₂	25,92%

Comparant les taules 2 i 4 es pot apreciar com les energies renovables no han de ser sotmeses a tantes transformacions energètiques com les energies fòssils, arribant a eficiències superiors al 80%, amb emissions de gasos contaminants com el CO₂ nul·les i fins i tot negatives, en el cas d'utilitzar biomassa com a font de combustible. Aquest és l'únic combustible que té un cicle tancat, en el qual es reabsorbeixen les emissions generades si es té en compte el percentatge de diòxid de carboni absorbit durant el seu cicle vital.

A més a més s'ha de tenir en compte que la majoria d'energies renovables són 100% gratuïtes, com per exemple l'energia solar fotovoltaica en que tot i que s'obtenen rendiments baixos (al voltant d'un 15%), l'energia elèctrica generada s'obté directament i de forma gratuïta. Únicament fa falta disposar d'una placa fotovoltaica i de les instal·lacions necessàries per utilitzar aquesta energia. No s'ha de pagar pel consum d'energia solar com sí passa amb els combustibles fòssils ja que aquets no poden ser obtinguts directament de la natura pel consumidor, es necessiten intermediaris que extreguin, refinin, transportin i distribueixin el combustible.

Les energies renovables, també permeten a les persones independentment on visquin, ser autònoms energèticament podent estar aïllats de la xarxa de subministrament energètic sempre i quan s'hagin dimensionat les instal·lacions correctament pels sistemes sota estudi.



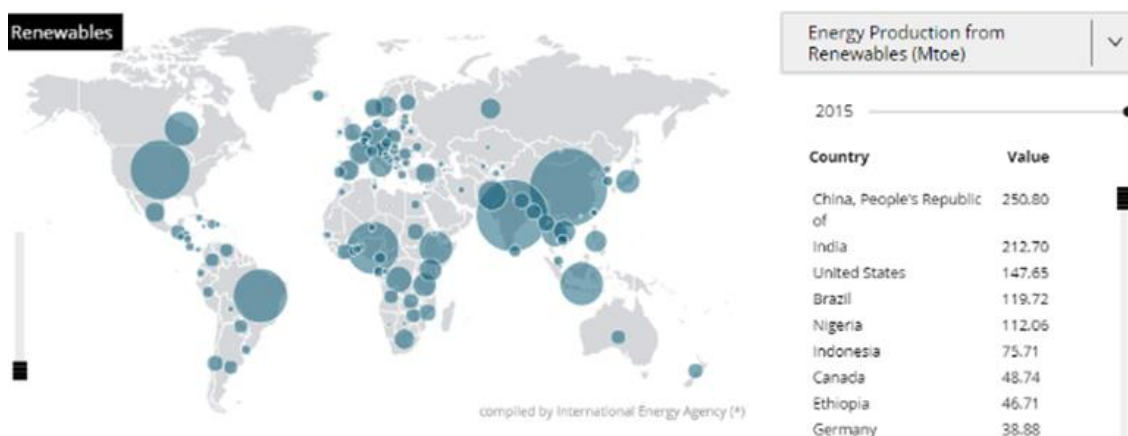
Imatge 17: Exemple d'instal·lació solar aïllada composta per panells fotovoltaics i aerogenerador Font: www.semienergias.wordpress.com



Imatge 18: "OffGridBox", sistema compost per plaques fotovoltaïques, termosolars i aerogeneradors capaços de proporcionar electricitat i ACS en zones aïllades Font: www.diariorenovables.com

A més a més aquest tipus de sistemes de generació mitjançant renovables, permeten obtenir energia en aquelles zones aïllades o massa allunyades de les infraestructures de transport energètic o de comunicació facilitant l'accés universal a l'energia i millorant la qualitat de vida de les persones.

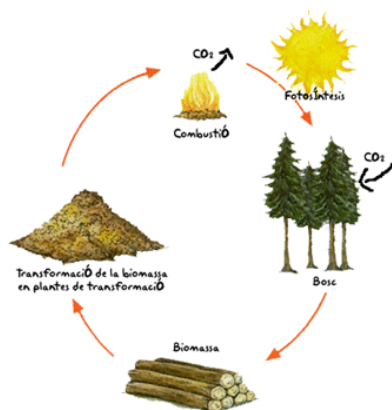
Totes aquestes característiques fan de les energies renovables, la millor forma de generar energia sent la solució als problemes energètics i d'emissions els quals ens enfrontem avui en dia. Mostra d'això és el constant increment en el seu ús tal i com es poden observar en la imatge 19.



Imatge 19: Producció d'energies renovables al món 2015. Font: IEA (International Energy Agency)

2.3.1. Biomassa

La biomassa és un combustible d'origen orgànic (vegetal, animal, residus...) en la que al igual que els combustibles fòssil, és necessari passar per un procés de combustió per obtenir-ne energia.



Imatge 20: Cicle de la biomassa

En aquest procés, també es generen contaminants com el CO_2 però a diferència dels combustibles fòssils, aquesta quantitat és menor o inclús zero si es té en compte que en el procés de formació i cicle vital de les plantes que donen origen a aquest combustible, mitjançant la fotosíntesi, han capturant CO_2 de l'atmosfera obtenint un balanç nul.

A diferència de la resta de renovables, és un recurs energètic que es pot esgotar, si es consumeix de forma més ràpida de la que es regenera. Es per això que el seu ús ha de ser gestionat correctament per què sigui viable.

Tot i que la biomassa és un recurs sostenible, el seu ús principal està destinat a la generació d'energia tèrmica ja que utilitzar-lo per generar altres energies secundaries com la generació d'electricitat o biocombustibles pel transport, en redueix molt la seva eficiència. També cal considerar que el seu ús ha de ser complementari a altres fons d'energia per no reduir la quantitat de terreny destinat a la generació d'aliments o altres usos, a més a més no existeix suficient terra disponible al món com per poder satisfer la demanda d'energia actual.

2.3.2. Solar

L'energia solar, és l'energia provinent de l'astre Sol en forma d'ones electromagnètiques. És l'energia de la qual s'originen la majoria de renovables (biomassa, aigua, vent...), també és la responsable de fer possible la vida a la Terra mantenint una temperatura adequada i proporcionant l'energia necessària per a que es duguin a terme molts dels processos biològics de la Terra.

És l'energia més abundant amb un gran potencial i suficient per abastir totes les necessitats energètiques actual i futures. S'estima que amb bones condicions meteorològiques, la irradiància¹⁹ terrestre és del voltant dels 1.000W/m^2 . La radiació solar, és aprofitable en tots els seus components (directe i difosa) per lo que no és necessari tenir una incidència directe sobre els sistemes de captació d'energia solar per utilitzar-la, tot i que se'n redueix molt el seu rendiment si no es té una exposició directe.

Des de l'antiguitat s'ha utilitzat l'energia solar com a font lumínica i tèrmica per escalfar-nos, generar foc a través de diferents sistemes de lupes o en la orientació i construcció dels edificis, per obtenir un millor confort. No va ser fins el 1839 que s'aprofita l'energia solar per generar electricitat gràcies a la descoberta realitzada per Edmond Béquer (1820-1891), el qual va descobrir que certs materials responen sota la llum solar generant electricitat, és el que s'anomena efecte fotoelèctric.

Actualment existeixen tres formes diferents d'aprofitar l'energia solar:

1. **Generació d'energia tèrmica de baixa temperatura:** destinada per ACS i calefacció mitjançant



captadors tèrmics plans o tubulars. Aquests panells estan dissenyats per absorbir l'energia tèrmica de la radiació solar assolint temperatures de fins a 80C^0 .

2. **Generació d'energia tèrmica d'alta temperatura:** s'utilitzen sistemes de concentració de la



Imatge 21: Central termosolar PS10 Sevilla amb una potència de 11MW

radiació solar en un punt o una canalització per on circula aigua o oli que assoleix altes temperatures ($500\text{-}1.00\text{C}^0$). Estan destinats a la generació d'energia elèctrica mitjançant vapor d'aigua en un cicle Rankine, amb rendiments superiors als sistemes tradicionals en que s'utilitzen combustibles fòssils.

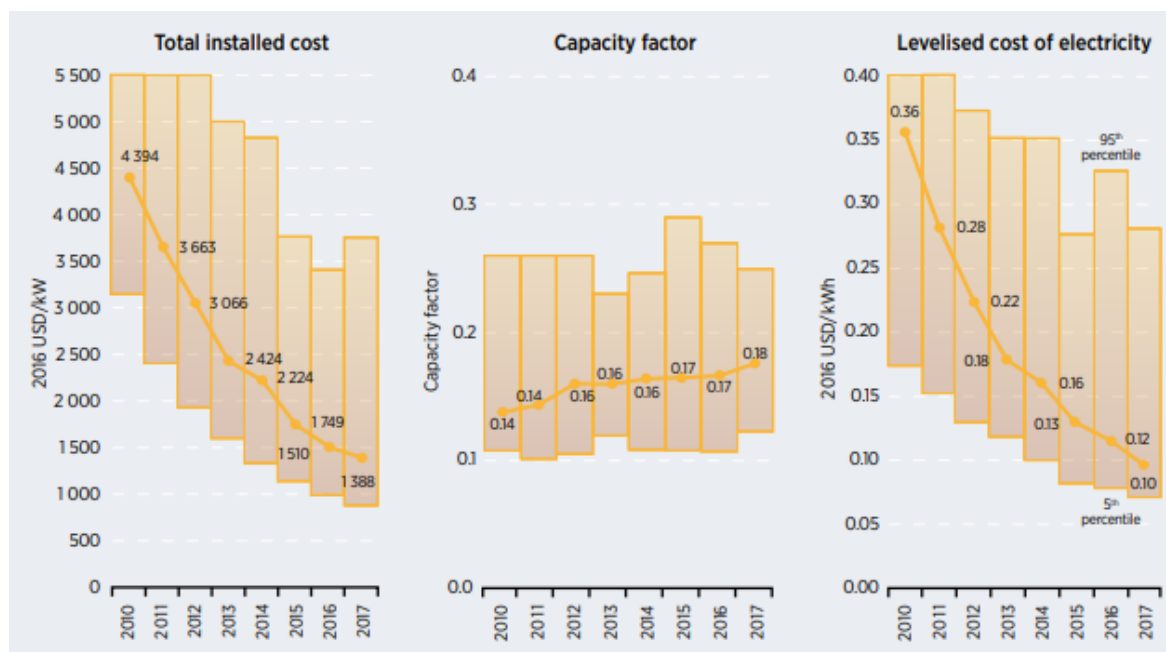
3. **Generació d'energia elèctrica directe:** s'utilitzen panells fotovoltaics construïts amb cèl·lules



de silici, que generen electricitat sota el principi fotoelèctric. Actualment el seu rendiment es situa entre el 14-21% tot i que s'estan investigant sistemes de concentració solar en que s'assoleixen rendiments del 70%.

¹⁹ Potència incident per unitat de superfície de radiació electromagnètica [W/m^2].

No obstant els seus beneficis, aquesta tecnologia presenta alguns desavantatges com ara: la seva producció és intermitent i restringida a la presència o no de radiació solar fent necessari l'ús de sistemes d'emmagatzematge d'energia com les bateries (poc eficients en l'actualitat), baix rendiment en la generació fotoelèctrica i un cost de la tecnologia força elevat tot i que durant els últims anys se'n ha reduït molt el seu cost.

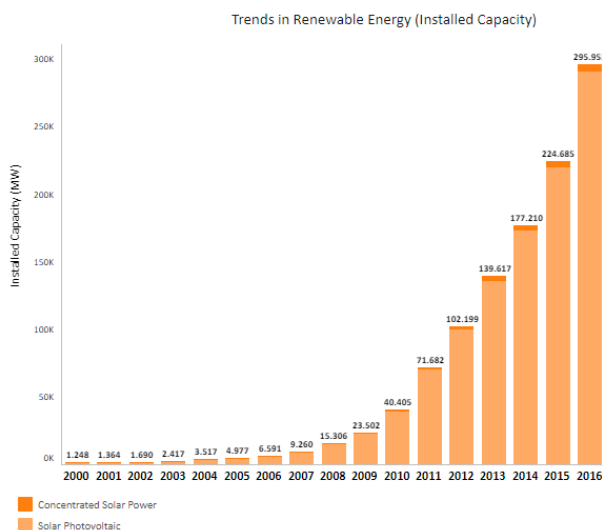


Gràfic 7: Evolució del cost d'instal·lació i producció d'energia solar (USD/kW) i evolució del factor de capacitat de producció.
FONT: IRENA publicació titulada: "Renewable power generation cost in 2017"

Com es pot observar en l'anterior gràfic, el preu de generació elèctrica mitjançant energia solar ha passat de costar 0,36 USD/kWh l'any 2010 a 0,10 USD/kWh el 2017. En tal sols 7 anys s'ha reduït el cost un 73%, fet que evidencia l'enorme potencial i viabilitat d'aquesta font d'energia renovable a mesura que es millori la tecnologia.

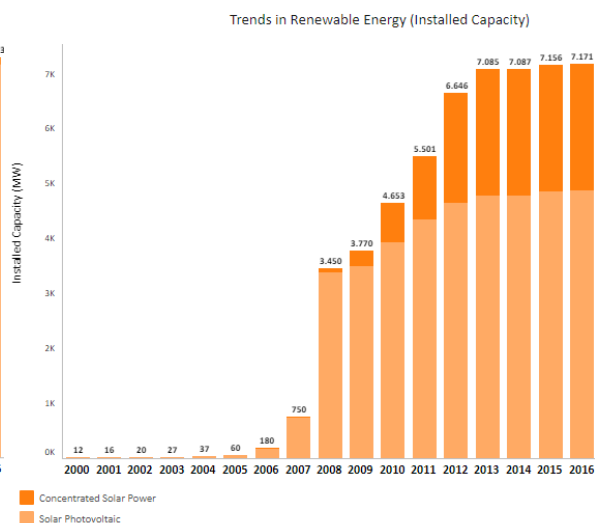
Actualment, l'energia solar és la que major implementació està tenint en tot el món gracies a la seva versatilitat i fàcil instal·lació. En el següent gràfic es pot observar com la utilització d'energia solar creix cada any.

Solar Energy Data



Gràfic 8: Capacitat acumulada de les instal·lacions d'energia solar acumulada en tot el món (2000-2016)

Solar Energy Data



Gràfic 9: capacitat acumulada instal·lacions d'energia solar a Espanya entre 2000-2016

Cal destacar que a Espanya gracies a la seva situació geogràfica i bon clima, disposa, d'una gran quantitat de radiació solar durant tot l'any, aquest fet li va permetre ser un dels pioners en l'ús d'aquesta tecnologia. En 2008 era un dels països amb major potència instal·lada fotovoltaica del món, no obstant actualment la implementació d'aquesta tecnologia ha sofert una desacceleració considerable, degut principalment a les regulacions legislatives dutes a terme en el sector elèctric pel govern espanyol que dificulten la implementació d'aquesta tecnologia, com per exemple l'impost al sol²⁰.

²⁰ Impost aprovat el 2015 pel govern espanyol que obliga a les instal·lacions d'autoconsum majors a 10 KW a pagar un recàrrec sobre l'electricitat produïda i consumida de forma instantània.

2.3.3. Eòlica



Imatge 22: Parc Offshore

L'energia eòlica és aquella que aprofita l'energia cinètica del vent amb la finalitat de generar energia elèctrica o mecànica. Hi ha registres del seu ús des del segle I com a font d'energia mecànica. No va ser fins el segle XIX al 1888, en que Charles F.Bruch va construir el primer aerogenerador amb la finalitat de generar energia elèctrica.

Aquesta tecnologia és una de les més utilitzades a nivell mundial com a font d'energia renovable, sobretot de de la primera crisi del petroli al 1970 en que es va impulsar la seva implementació i desenvolupament en països com Dinamarca, Alemanya, França, Anglaterra i els Estats Units. A l'estat espanyol, el primer aerogenerador que es va instal·lar data de l'any 1984 a Girona, el qual va ser dissenyat per una societat cooperativa anomenada Ecotecnia, formada pels enginyers Pep Puig, Quim coromines i Pere Escors entre altres.

Actualment el principal ús d'aquesta tecnologia es destina a la generació d'electricitat, mitjançant molins de vent. Aquests estan formats per un número variable de pales que s'encarreguen de transformar l'energia cinètica del vent en energia mecànica de rotació, amb una eficiència (59,3%)²¹, que acciona un generador elèctric.

Al igual que l'energia solar, es caracteritza per no emetre emissions contaminants i ser molt eficient, gràcies a les constants evolucions en aquest sector, com per exemple la tecnologia *direct drive*²² que incrementa l'eficiència i la quantitat d'energia que pot generar cada molí.

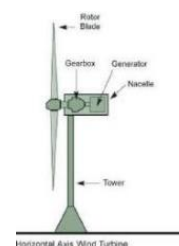
En general, degut a les grans dimensions dels aerogeneradors, es solen formar parcs de generació eòlica que reben el nom de parcs *onshore* (si es troben situats a terra ferma) o *offshore* (si estan instal·lats en alta mar). En general els parcs *offshore* ofereixen l'avantatge de generar major quantitat d'energia al llarg de l'any que la dels parcs *onshore* al disposar de majors hores i velocitats de vent durant tot l'any al no existir obstacles geogràfics.

²¹ La llei de Beltz estableix que la màxima energia mecànica teòrica que es pot obtenir de l'energia cinètica del vent és del 59,3%

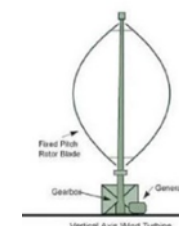
²² Direct drive: tecnologia que permet estalviar l'ús de caixa de canvis i altres elements mecànics reduint les pèrdues mecàniques en el procés de conversió d'energia mecànica a elèctrica.

Segons l'orientació de les pales els molins de vent es poden classificar en:

- **Pales d'eix horitzontal:** són les més freqüents i utilitzades, permeten construir molins de grans dimensions amb generacions de fins a 8 MW i han d'estar orientats en la mateixa direcció que la del vent.
- **Pales d'eix vertical:** són menys comunes, més petites i generen menys energia, no obstant funcionen independentment de la direcció en la que bufa el vent per lo que són adequades en zones on la direcció del vent varia amb molta freqüència.



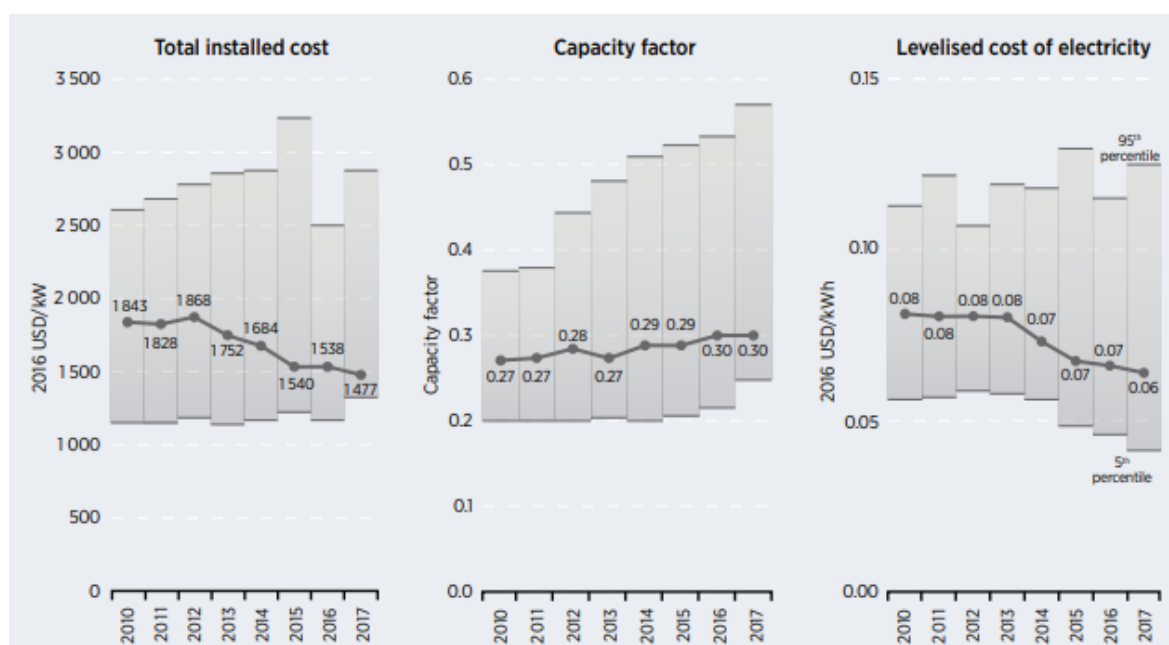
Imatge 23: Eix horitzontal



Imatge 24: Eix vertical

També existeixen sistemes de microgeneració, mitjançant molins de vent per ús domèstic de reduïdes dimensions (mini eòlica). Aquests s'instal·len en les teulades o en el jardí amb la possibilitat de combinar-les amb altres sistemes d'energia.

El preu d'aquesta tecnologia ha disminuït considerablement, sobretot gràcies al desenvolupament de molins de vent més grans capaços de generar més energia i en la reducció dels costos d'instal·lació tal i com es pot observar en el següent gràfic.



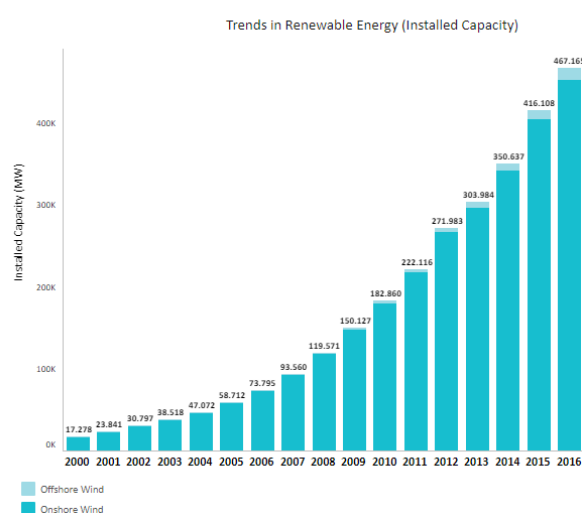
Gràfic 10: Evolució del cost d'instal·lació i producció d'energia eòlica (USD/kW) i evolució del factor de capacitat de producció. FONT: IRENA publicació titulada: "Renewable power generation cost in 2017"

Actualment és una de les tecnologies de producció d'energia elèctrica més rentables (0,06 USD/kWh) sense la necessitat d'estar subvencionat pels governs i amb un preu molt similar al de l'energia hidràulica (0,05 USD/kWh gràfic 13).

Alguns dels inconvenients que presenta la tecnologia eòlica són fonamentalment: intermitència en la generació d'energia depenent de si hi ha suficient velocitat de vent, impacte visual i el soroll que genera el funcionament dels molins.

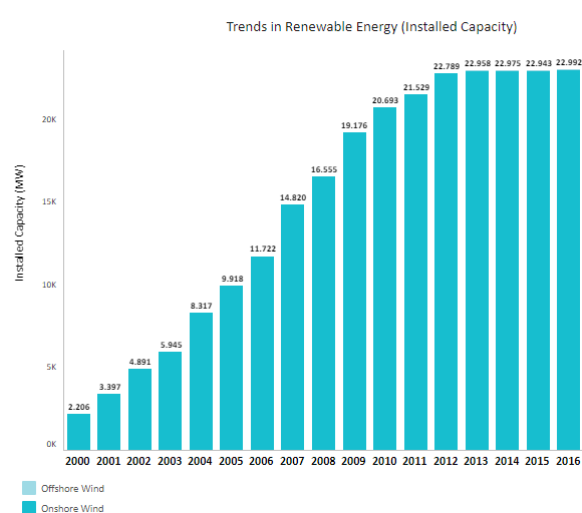
Cal esmentar que la majoria d'aquest problemes queden solucionats en els parcs *offshore* ja que el seu impacte és pràcticament indetectable a les persones quan s'implanten mar endins i també hi ha major disponibilitat del recurs energètic emprat.

Wind Energy Data



Gràfic 11: Capacitat acumulada instal·lacions eòliques a Espanya entre 2000-2016

Wind Energy Data



Gràfic 12: Capacitat acumulada de les instal·lacions d'energia eòlica acumulada en tot el món (2000-2016)

A nivell mundial és de les energies renovables més utilitzades. A Espanya des del 2012 es pot observar una estancament en la seva utilització degut principalment, al igual que la solar, als canvis desfavorables en el sector elèctric promoguts pel govern espanyol i la crisi econòmica. Tot i això és la segona energia productora del país i es preveu una reactivació del sector amb la finalitat de complir els objectius establerts per la unió europea en quan l'ús d'energia renovables.

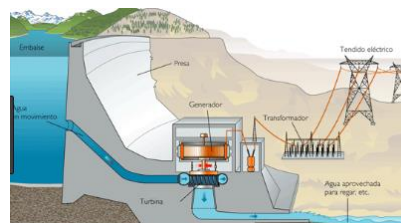
2.3.4. Hidràulica



Imatge 25: Central hidroelèctrica

Al igual que l'energia solar i eòlica, és una de les energies més antigues utilitzades per a la generació d'energia mecànica i en l'actualitat per la generació d'energia elèctrica; aprofitant l'energia cinètica de l'aigua que mou una turbina, solidaria a un generador elèctric.

Normalment s'aprofiten els cursos naturals d'aigua provinents de rius desviant-los i fent-los passar per un seguit de canalitzacions amb desnivell, d'aquesta manera s'incrementa l'energia cinètica de l'aigua i es transforma posteriorment en energia elèctrica. En altres ocasions en que els cabals dels rius no són suficients, o es vol tenir un major control en la producció energètica, es creen preses d'aigua artificials on s'acumula aigua en forma d'energia potencial (també s'utilitza com a reserva d'aigua), i al obrir les comportes situades per sota del nivell de l'aigua, l'energia potencial es transforma en energia cinètica i aquesta en energia elèctrica.



Imatge 26: Funcionament intern central hidroelèctrica

Com la majoria de renovables, no genera emissions contaminants, es inesgotable, duradora i amb un alt rendiment energètic superior al 80% gràcies a la seva simplicitat i poques pèrdues energètiques.

La primera central hidroelèctrica va ser ideada per en H.F Rogers i va ser instal·lada en el riu Fox en Wisconsin (Estats Units) el 30 de setembre de 1882²³. Des de llavors i durant la revolució industrial, es va fomentar ràpidament el seu ús per a generar energia elèctrica i mecànica. Prova d'això és l'electrificació produïda en Catalunya durant el segle XX, en que una de les fonts principals utilitzades per generar electricitat era l'energia hidràulica, gràcies a la gran quantitat de recursos hidràulics repartits per tot el territori i sobretot en el Pirineu català mitjançant centrals mini-hidràuliques²⁴.

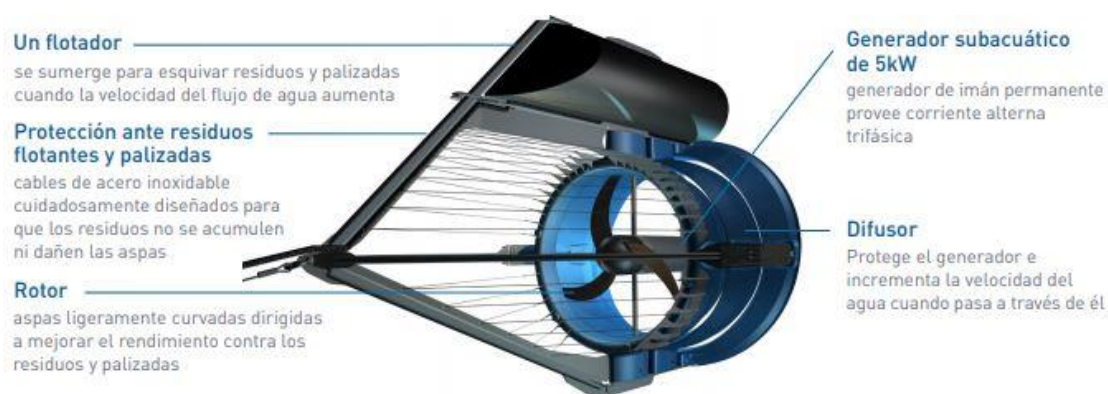
Actualment és una de les energies més utilitzades en el món gràcies a la seva facilitat d'ús, eficiència, durabilitat i baix cost d'ús i manteniment. A diferència de les energies renovables com la solar o eòlica, aquesta té el gran avantatge de poder emmagatzemar l'energia de forma eficaç i poc costosa a través de les preses d'aigua assegurant una major continuïtat en el subministrament elèctric.

²³ Anteriorment, al 1880 ja s'havia creat una central hidroelèctrica a Northumberland (Gran Bretanya)

²⁴ Centrals hidràuliques amb una potencia instal·lada menor o igual a 10 MW segons la legislació espanyola (Reial Decret 661/2007 de 25 de maig)

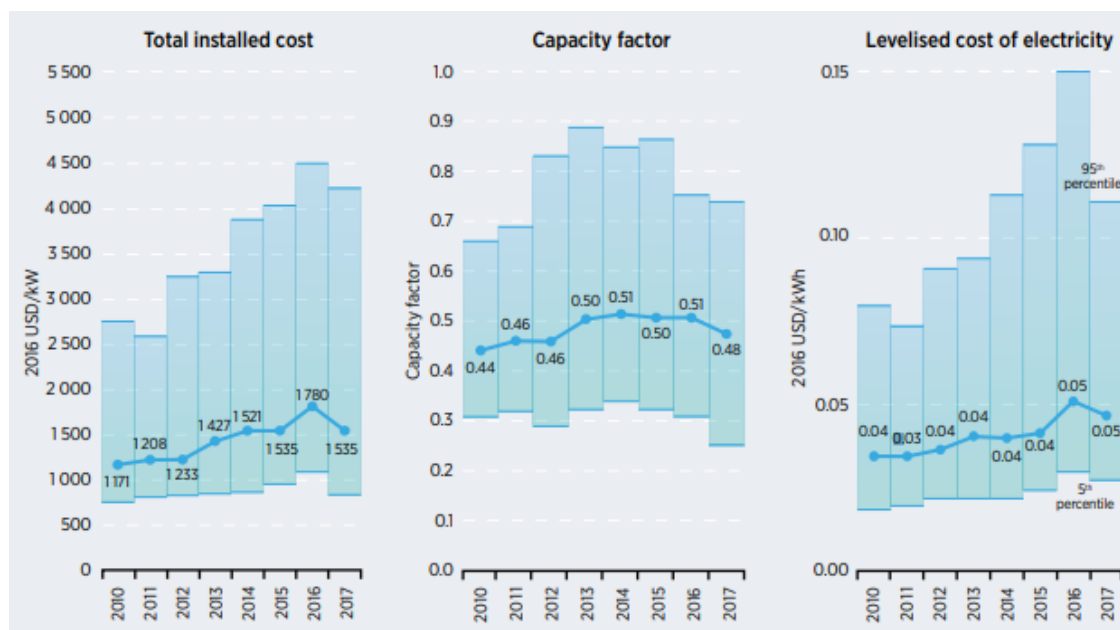
Aquesta característica fa que es comenci a combinar amb altres fonts d'energia com la solar o la eòlica, utilitzant l'energia excedent produïda per transportar aigua en embassaments o dipòsits situats en altura, per més tard generar energia hidroelèctrica en hores de major demanda d'energia o quan el recurs natural (sol o vent) no està disponible. Un exemple d'aquesta combinació, és la central "Gorona del Viento" situada a la illa del Hierro, en que es combina la producció d'energia eòlica i la hidràulica per emmagatzemar l'energia excedent.

També existeix la possibilitat d'utilitzar les mareas dels mars per obtenir energia elèctrica mitjançant dipòsits que s'omplen amb la marea alta i alliberen l'aigua emmagatzemada durant les baixes mareas. O altres dispositius que generen electricitat, a partir del moviment de les onades o turbines que aprofiten les corrents submarines o dels rius i canals, sense la necessitat de construir preses o infraestructures per emmagatzemar i controlar el flux de l'aigua.



Imatge 27: Turbina aquàtica per a rius "Smart Monofloat" Font: www.smart-hydro.de/es/

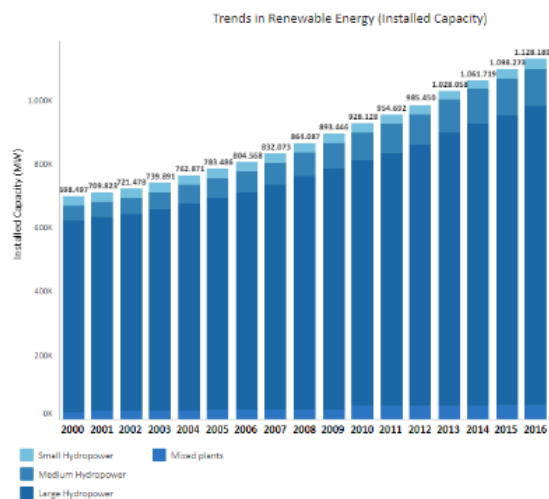
El cost de l'energia hidràulica es manté com una de les vies més econòmiques de generar energia, que en els últims anys a sofert un increment del cost de la producció força estable i que s'ha vist incrementat lleugerament els últims anys.



Gràfic 13: Evolució del cost d'instal·lació i producció d'energia hidràulica (USD/kW) i evolució del factor de capacitat de producció. FONT: IRENA publicació titulada: "Renewable power generation cost in 2017"

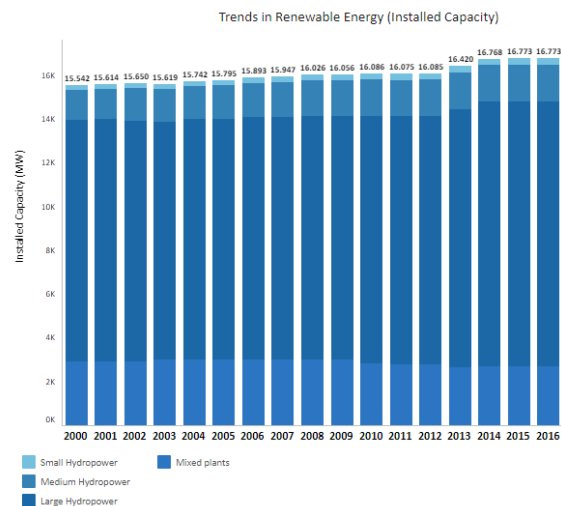
Algun dels inconvenients que presenta l'energia hidràulica és sobretot la interrupció o la obstaculització dels cursos naturals d'aigua i la inundació de terres per crear les preses d'aigua, afectant negativament al ecosistema natural i produint la pèrdua de terreny productiu.

Hydropower Data



Gràfic 14: Capacitat acumulada de les instal·lacions d'energia hidràulica a Espanya entre 2000-2016

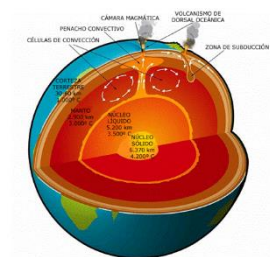
Hydropower Data



Gràfic 15: Capacitat acumulada de les instal·lacions d'energia hidràulica acumulada en tot el món (2000-2016)

En els dos gràfics (14 i 15), es pot observar que de les energies renovables, la hidràulica és la més utilitzada tant a nivell mundial com a nivell nacional a Espanya.

2.3.5. Geotèrmia



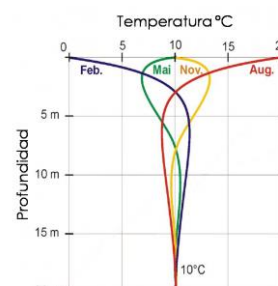
Imatge 28: Diferents capes que formen l'interior del planeta Terra

L'energia geotèrmica, tal i com el seu nom indica (*geo*–terra-, *thermos*-calor), aprofita l'energia tèrmica de l'interior de la Terra. Aquesta energia s'origina al nucli del planeta i procedeix de la seva formació i de petites reaccions nuclears que s'hi produeixen.

En l'antiguitat s'aprofitava aquesta energia de forma natural en les aigües termals. En l'actualitat aquesta energia és aprofitada tant per generar energia tèrmica com elèctrica.

És una energia renovable, inesgotable a nivell humà, no emet emissions contaminants i és molt eficient. Tot i que només s'hauria de considerar com energia geotèrmica aquella que prové de fonts tèrmiques subterrànies com les fonts termals i les zones de volcàniques. També s'anomena energia geotèrmica a l'aprofitament de la estabilitat tèrmica en el subsòl mitjançant bombes de calor.

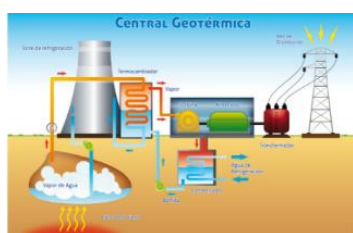
Es coneix que en les zones de la terra amb el que es considera un gradient subterrani normal, per cada 100m de profunditat augmenta 3°C la temperatura. Per classificar quina és la capacitat energètica de l'energia geotèrmica, s'utilitza l'entropia que indica la capacitat d'intercanviar energia amb l'entorn a través de les diferències de temperatura entre dos cossos (el subsòl i la superfície).



Imatge 29: Temperatures subterrànies estacionals

Es consideren tres nivells diferents d'entalpia:

- **Entalpia d'alta temperatura:** son fonts tèrmiques subterrànies amb temperatures superiors a 120°C .



Aquesta energia s'aprofita per generar electricitat mitjançant cicle Rankine o de turbina de vapor com els utilitzats en els combustibles fòssils. Aquest sistema no genera contaminació ja que no es crema cap combustible.

- **Entalpia de mitja temperatura:** són fonts tèrmiques amb temperatures compreses entre els 50 i 120°C . Aquesta energia s'utilitza directament com energia tèrmica (calefacció) mitjançant circuits que intercanvien l'energia tèrmica de les zones termals i les zones que es volen escalfar. Aquest sistema és net, barat i eficaç, sent molt utilitzat en els països situats en zones actives de la superfície terrestre com són Islàndia, Itàlia, Nova Zelanda o el Japó.

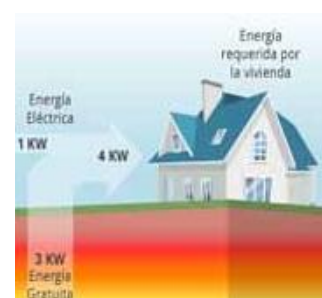
- **Entalpia de baixa temperatura:** son fonts tèrmiques amb temperatures inferiors als 50C° en que ja no es consideren energia geotèrmica, si no d'aprofitament d'energia mitjançant bombes de calor, per escalfar o refrigerar un entorn. Les bombes de calor el que fan és aprofitar el salt tèrmic que es produeix entre la superfície i les temperatures constants durant el llarg de l'any del subsòl. A Europa es sol tenir una temperatura mitjana de 10-15 C°.

Aquest últim mètode, és un dels més utilitzat ja que no es necessari trobar-se en una zona activa del planeta per extreure'n energia. Simplement es necessita tenir un gradient tèrmic suficient entre la superfície i el subsòl a baixa profunditat.

En els sistemes que s'utilitzen bombes de calor, s'aprofiten els processos termodinàmics que pateix un fluid en passar d'estat líquid a gasos i viceversa. Per passar d'estat líquid a gasos, el fluid necessita absorbir una gran quantitat d'energia de l'entorn provocant una refrigeració del mateix. En el cas contrari per passar d'estat gasos a líquid el fluid, necessita alliberar energia tèrmica a l'entorn calefessant-lo.

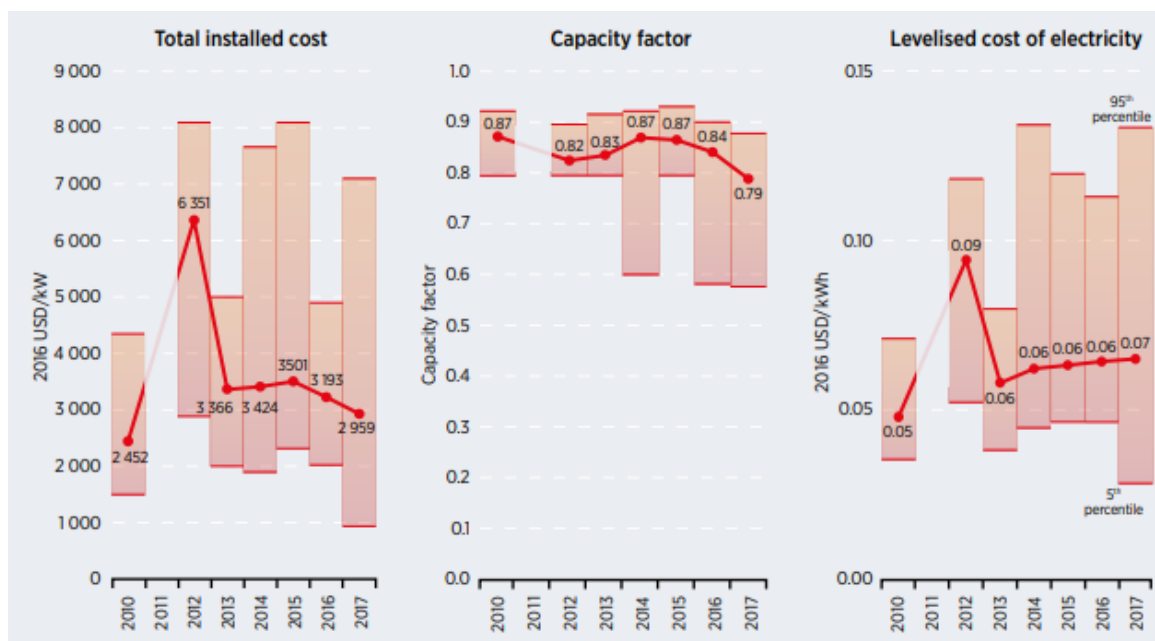
A partir d'aquest principi el que fan aquets sistemes és utilitzar un gas refrigerant com l'R410A o el R32, que te un baix punt d'ebullició. Mitjançant un compressor i diferents vàlvules en un circuit tancat, es comprimeix el fluid (allibera energia a l'ambient) o s'expandeix (absorbeix energia de l'ambient).

Els sistemes de bomba de calor estan formats per dues unitats: una interior (zona que es vol calefactar o refredar o per generar ACS) i una exterior amb canalitzacions que transcorren pel subsòl on s'allibera o s'absorbeix energia, assolint eficiències del 75% on el 25% restant s'aporta mitjançant electricitat per fer funcionar la bomba i el sistema en general..



Imatge 30: Rendiment 75%

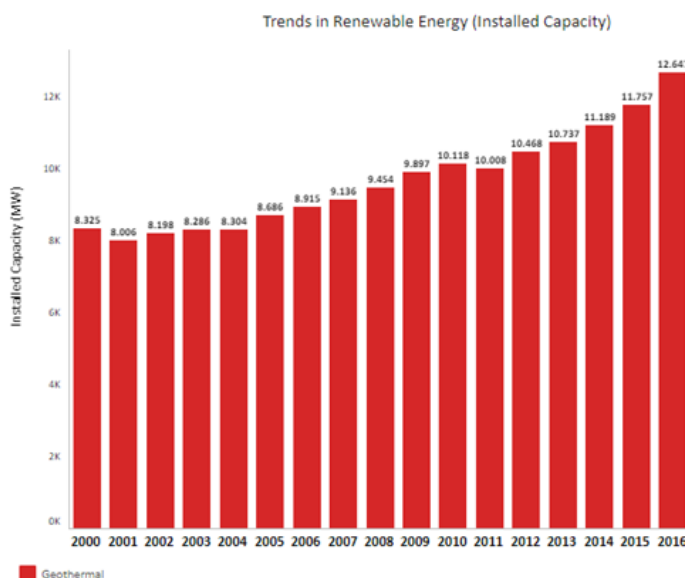
Com a inconvenients de la tecnologia geotèrmica: la seva instal·lació és molt costosa, la perforació del subsòl pot contaminar els aqüífers d'aigua natural, també presenta un risc d'alliberar gasos d'efecte hivernacle continguts sota el subsòl, l'energia geotèrmica d'alta i mitja temperatura estan en zones geogràfiques molt focalitzades i en els sistemes en que s'utilitzen bombes de calor, algun dels gasos refrigerants utilitzats tenen un alt potencial d'esgotament de la capa d'ozó i d'escalfament atmosfèric si s'alliberen a l'atmosfera com el gas R22 que tot i estar prohibit encara existeixen equips de climatització antics que utilitzen aquest gas.



Gràfic 16: Evolució del cost d'instal·lació i producció d'energia geotèrmica (USD/kW) i evolució del factor de capacitat. FONT: IRENA publicació titulada: "Renewable power generation cost in 2017"

Com es pot observar en l'anterior gràfic, és una tecnologia capaç de proporcionar energia de forma competitiva amb un preu d'uns 0,07 USD/kWh de mitjana. No obstant degut a la complexitat tècnica que presenten els projectes que utilitzen aquesta tecnologia, no està molt estesa fora dels països nòrdics amb major activitat geotèrmica.

Geothermal Energy Data



Gràfic 17: Capacitat acumulada de les instal·lacions d'energia hidràulica acumulada en tot el món (2000-2016)

De les fonts d'energia renovable, la geotèrmica és la més desconeguda i menys desenvolupada que la resta de renovables, tot i això cada cop és més utilitzada. A Espanya no hi ha molta implementació (uns 16GW²⁵ instal·lats), no obstant s'estan realitzant cada cop més projectes en que s'utilitza aquesta font d'energia renovable. Un exemple és l'hospital Santa Creu i Sant Pau de Barcelona en que s'utilitza la geotèrmia per a la climatització, sent un dels projectes realitzats més grans d'Europa.

2.3.6. Aerotèrmia

Aquesta tecnologia, es considerada per la unió Europea com a font d'energia renovable en les directives 2003/54/CE i 2009/28/CE.

Funciona sota el mateix principi que la bomba de calor utilitzada en la geotèrmia de baixa entalpia. L'única diferència és el medi d'on la màquina exterior, absorbeix o allibera l'energia sent aquest l'aire ambient amb rendiments similars a la geotèrmia.

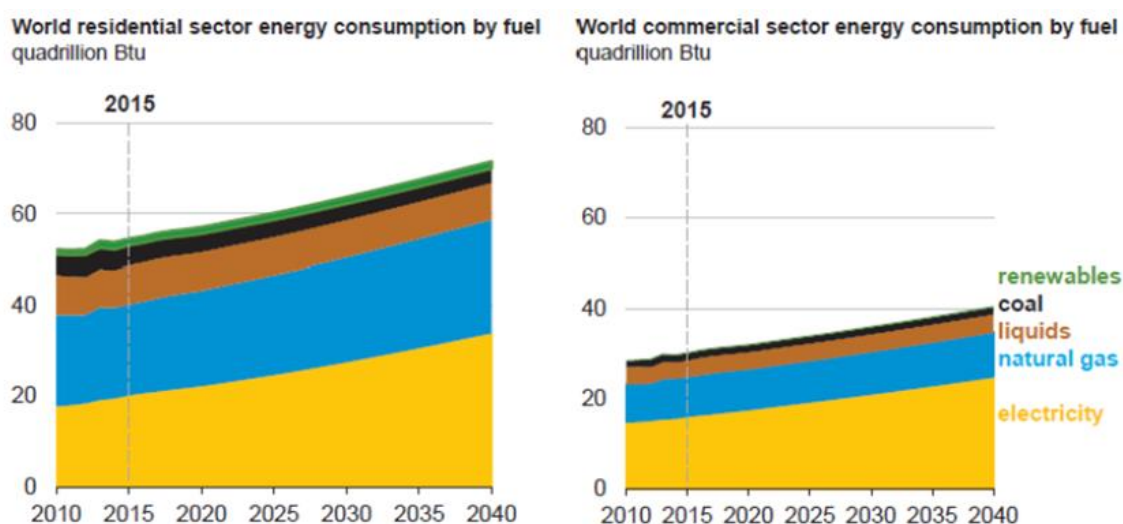
La previsió de totes aquestes energies esmentades anteriorment, és que a mesura que es vagin implementant, fomentant el seu ús i millorant la tecnologia utilitzada, el seu cost anirà decaient fent-les més rentables i atractives econòmicament parlant. Mentre que els combustibles fòssils aniran augmentant el seu cost degut a la desaparició de les reserves existents i a la implementació d'impostos i peatges per les emissions contaminants que generen.

²⁵ 12 GW instal·lats segons l'últim informe d'IRENA (Agencia Nacional de Energia Renovable) de 2016

2.4. Consums energètics dels edificis

Els edificis són els responsables d'aproximadament el 40% del consum energètic a nivell europeu tal i com s'especifica en la directiva de la Unió Europea 31/2010 UE. Aquest fet implica que si es vol reduir el consum energètic mundial i les emissions contaminants associades, cal reduir aquesta xifra millorant l'eficiència energètica dels edificis. Per poder-ho fer, en aquest apartat s'analitzarà quins són els consums a nivell mundial i local dels edificis i els seus usos principals.

El conjunt dels edificis residencials, comercials i industrials, són els responsables de consumir gran part de l'energia mundial produïda. D'aquesta energia la major part prové de fonts no renovables i contaminants, per tant també són un dels principals responsables de les emissions contaminants a nivell mundial.



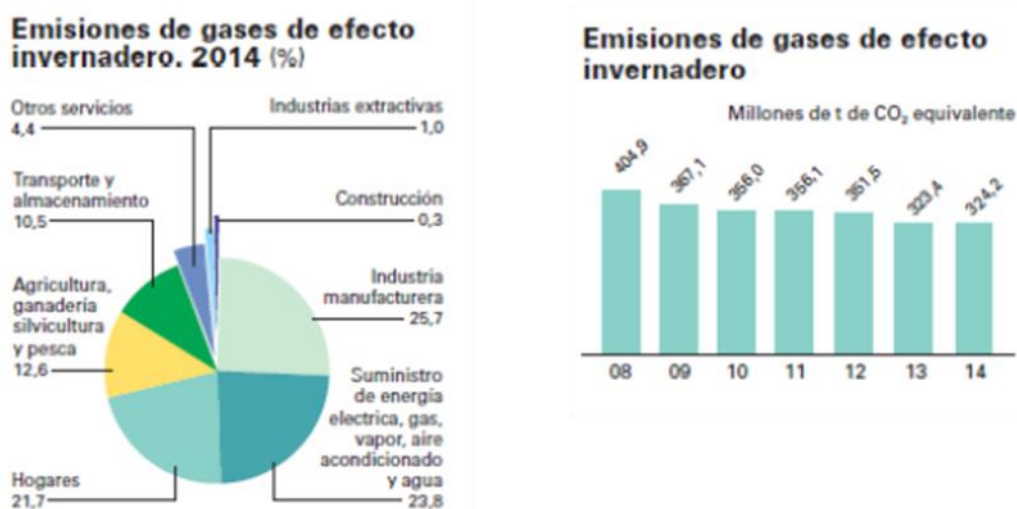
Gràfic 18: Consum energètic i previsions 2040, en quadrilions de BTU, del sector residencial i comercial a nivell mundial font EIA

Prova d'això són els anteriors gràfics que apareixen en l'informe "International Energy Outlook 2017" elaborat per la EIA (U.S Energy Information Administration), en que es pot observar que la major part de l'energia consumida en el sector residencial i comercial, prové de fonts no renovables. També es pot observar com s'espera que el consum energètic augmenti al 2040 degut principalment a l'increment del consum en països emergents com la Xina o la Índia; en que cada cop més població té accés a l'energia i n'incrementa el seu ús a mesura que augmenten els seus ingressos. És important aplicar accions d'eficiència energètica a nivell mundial i ajudar als països subdesenvolupats a créixer de forma sostenible.

2.4.1. Consums energètics a Espanya i Catalunya

L'informe de "L'Energia en Espanya 2016", estableix que el consum d'energia en el sector residencial espanyol és del 18,5% i del sector serveis un 12,5%, per tant l'energia total consumida dels edificis espanyols és d'un 31% del total de l'energia consumida.

Pràcticament un terç de l'energia total consumida per l'estat espanyol es destina als edificis, i les llars són responsables directes del 21,7% de les emissions contaminants de CO₂ emeses durant l'any 2014 segons l'Institut nacional d'Estadística.



Gràfic 19: Emissions contaminants per sector 2014 i històric d'emissions 2008-2014 Font: INE

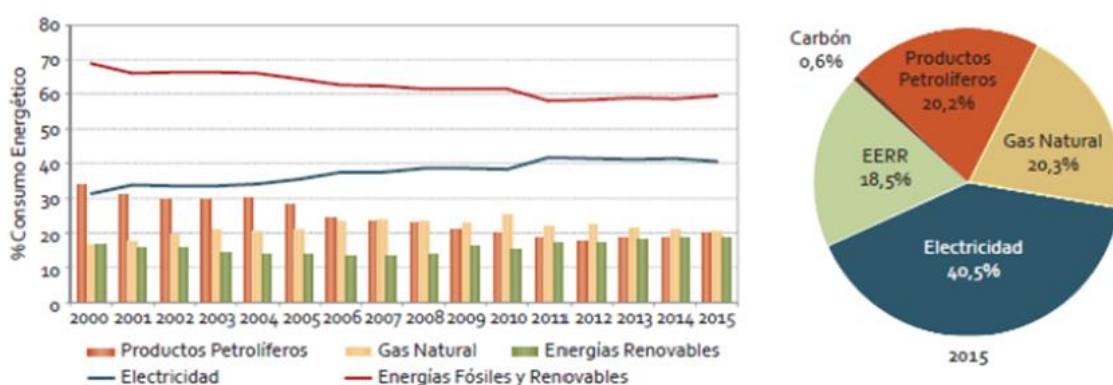
El número de llars en territori espanyol recollides per l'Institut Nacional d'Estadística l'any 2016 és de 18.406.100 llars amb un consum mig l'any 2010 de 8.323kWh



Gràfic 20: Evolució del consum energètic a Espanya 2000 - 2015. Font IDAE

En el gràfic 20 es pot observar com el consum des de l'any 2000 a les llars, ha tingut una tendència creixent fins el 2006 en que s'estabilitza el consum. Això és degut en part a la crisi econòmica, l'increment dels preus dels combustibles fòssils, a la conscienciació de la població en el ús racional de l'energia i també a la creixent pobresa energètica²⁶ que afecta als sectors més desfavorits de la societat. A Espanya, segons les dades reunides per Eurostat, l'any 2016 4.700.000²⁷ persones es trobaven en situació de pobresa energètica.

De totes les formes d'energia disponible, l'electricitat és la més utilitzada 40,5% seguida del gas natural 20,3% i el productes petrolers 20,2%, sent les menys utilitzades les fonts renovables amb un 18,5%. No obstant això, la tendència del sector és augmentar-ne el seu ús en substitució dels combustibles fòssils gràcies a les diferents mesures d'eficiència energètica en la rehabilitació i construcció dels nous edificis.

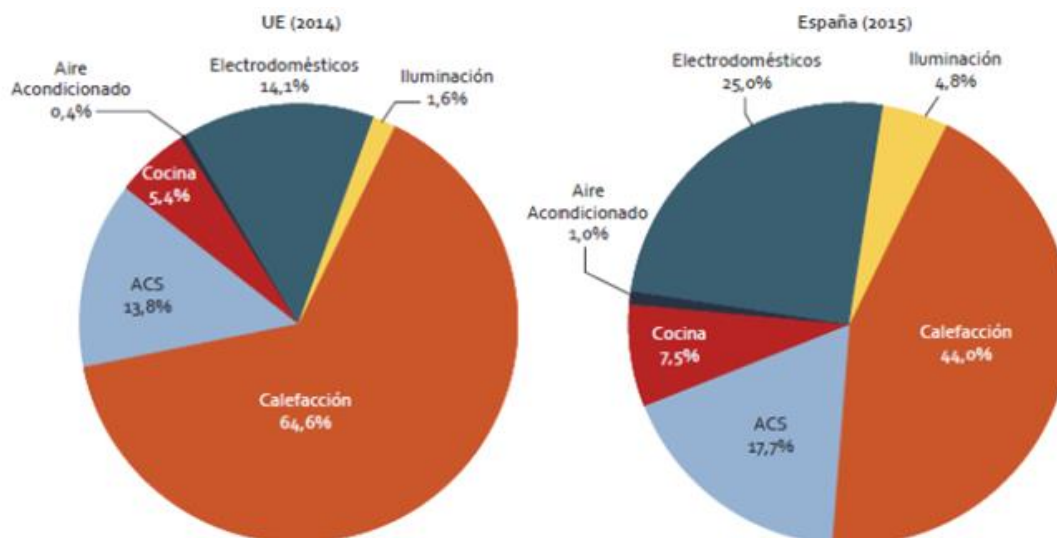


Gràfic 21: Estructura de la demanda energètica dels habitatges per fonts energètiques 2000-2015 Font: IDAE

En quan el detall del consum, en el següent gràfic s'observa que tant a Espanya com en la Unió Europea, el principal ús de l'energia consumida es destina a la calefacció seguida de la generació d'ACS i el consum d'electrodomèstics.

²⁶ Concepte que defineix a la persona o persones que no poden assumir el cost econòmic o han de destinar una part excessiva dels seus ingressos, per obtenir l'energia suficient per satisfer les necessitats energètiques de l'habitatge (electricitat, gas i/o aigua).

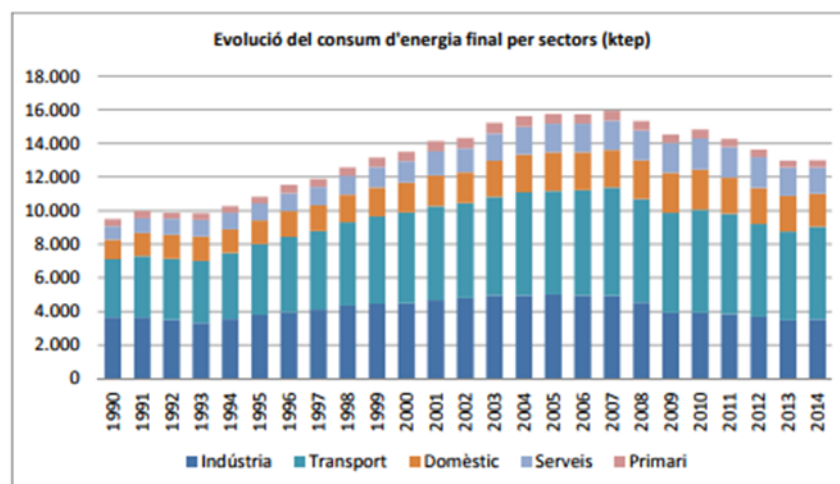
²⁷ http://cadenaser.com/ser/2017/11/27/economia/1511814080_263754.html



Gràfic 22: Estructura del consum d'energies per usos en el sector residencial a Espanya (2014) i la UE (2015). Font: IDAE

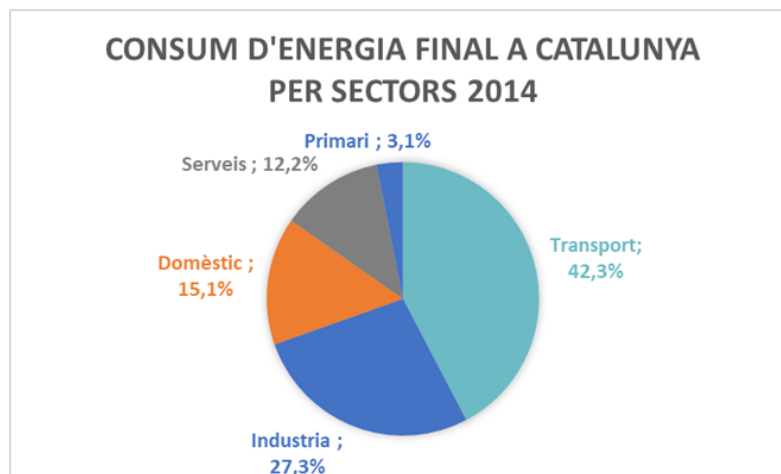
Cal destacar que en Espanya en comparació a la UE l'ús de la calefacció és un 20% inferior, això es degut a la situació geogràfica de la península que gaudeix d'un clima més càlid amb hiverns més curts i no tan durs com la resta de països de la UE situats més al nord.

En el cas concret de Catalunya, el consum mig segons l'Institut Català d'Energia, és de 8.486 kWh sent lleugerament superior a la mitjana nacional. També al igual que la resta d'Espanya, el consum energètic en tots els sectors s'ha anat incrementant des del 1990 fins el 2007 en que la tendència canvia i es redueix el consum energètic.



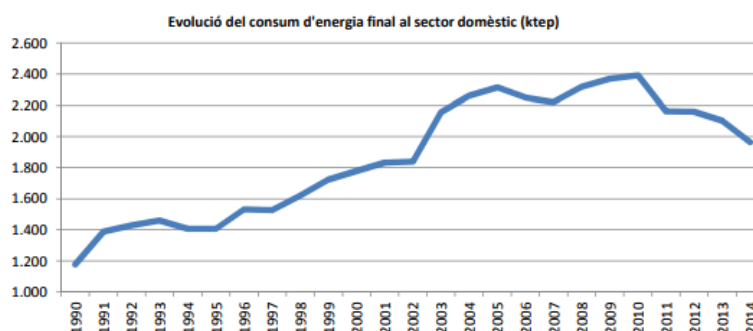
Gràfic 23: Evolució del consum energètic per sectors a Catalunya (1990 – 2014). Font: Balanç energètic de Catalunya 2014, Institut Energètic de Catalunya.

Tal i com es pot observar en el següent gràfic 24, el consum energètic dels habitatges catalans, representen un 15,1% del total de l'energia consumida en el territori.

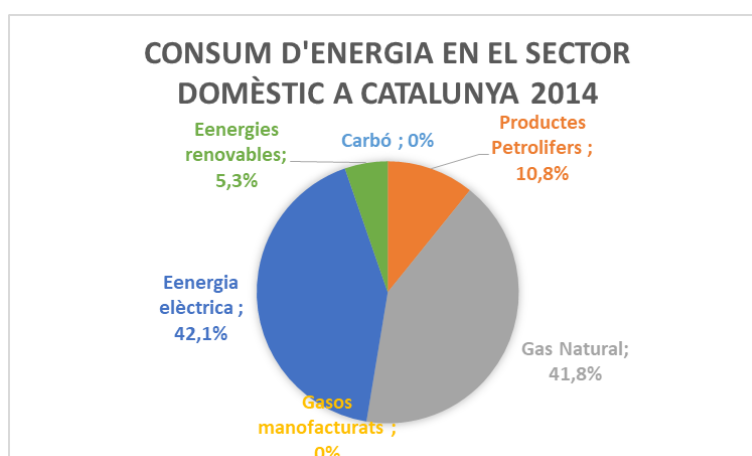


Gràfic 24: Consum d'energia final a Catalunya 2014 Font: Balanç energètic de Catalunya 2014 Institut energètic de Catalunya

De totes les formes d'energia disponible, l'electricitat també és la forma d'energia principal utilitzada 42,1% seguida del gas natural 41,8% i el productes petrolers amb un 10,8% sent la menys utilitzada les fonts renovables amb un 5,3%.

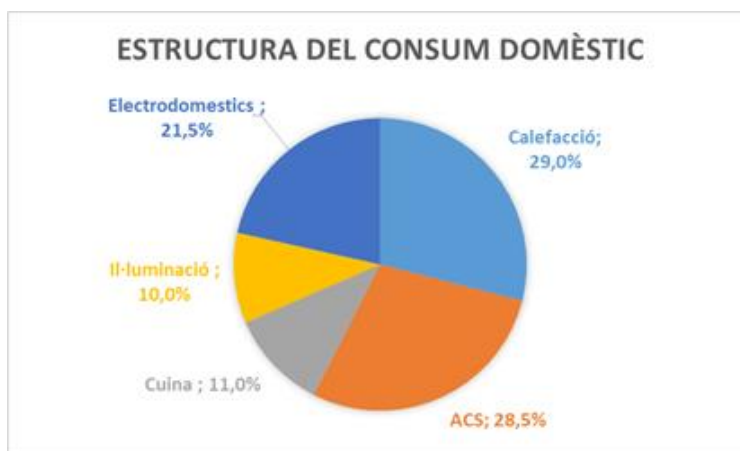


Gràfic 25: Evolució del consum en el sector domèstic en ktep. Font: Balanç energètic de Catalunya 2014 Institut energètic de Catalunya



Gràfic 26: Consum d'energia en el sector domèstic a Catalunya. Font: Balanç energètic de Catalunya 2014 Institut energètic de Catalunya

En quan els usos de l'energia consumida, també s'observa que la major part va destinada a la calefacció seguida de l'ACS i electrodomèstics.



Gràfic 27: Estructura del consum domèstic 2014. Font: Institut energètic de Catalunya

3. Que és un edifici de zero emissions (ZEB o gairebé zero nZEB)

En aquest apartat s'explicarà que és un edifici ZEB (Zero Energy Building), nZEB (Nearly Zero Energy Building), quins criteris han de complir, quin és l'origen d'aquest concepte, quina és la seva classificació així com quin és el seu marc legal i desenvolupament a nivell Europeu i local.

3.1. Definició del concepte ZEB, nZEB

Per poder fer front a tots els problemes energètics i mediambientals descrits en els apartats anteriors, a nivell europeu s'han implementat iniciatives de reducció en l'ús de l'energia i producció d'emissions contaminants amb l'estratègia coneguda com 20-20-20 que es volen assolir per l'any 2020 i que es plasma en la directiva 2012/27/UE:

- Reducció de les emissions d'efecte hivernacle en un 20% respecte al 1990.
- Arribar a una contribució del 20% de renovables en el consum d'energia final de la UE al 2020 i del 10% en el sector transport.
- Augmentar l'eficiència energètica amb la finalitat d'estalviar un 20% del consum d'energia de la UE respecte les projeccions per l'any 2020.

Per tal d'assolir aquets objectius i d'altres a nivell mundial, com per exemple el protocol de Kyoto²⁸ o més recentment els acords de Paris, el 19 de maig de 2010 es publica la directiva 2010/31/UE del Parlament Europeu, relativa a l'eficiència energètica dels edificis (EPBD)²⁹ i que refosa la directiva 2002/91/UE.

²⁸ Conveni internacional per la prevenció del canvi climàtic i la reducció d'emissions d'efecte hivernacle creat el 1997 a Kyoto en la III cimera del canvi climàtic

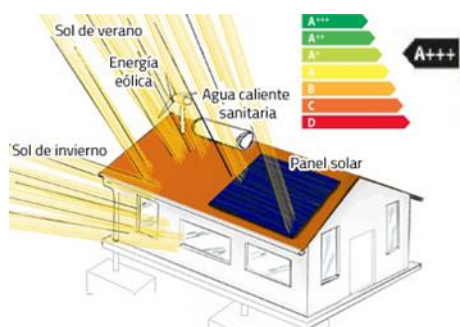
²⁹ Energy Performance of Buildings Directive

En aquesta directiva s'estableix que a partir del 31 de desembre del present any 2018, tots els edificis públics de nova construcció han de ser d'energia gairebé zero (nZEB) i que a partir del 31 de desembre del 2020 ho han de ser tots. Però que s'entén per un edifici nZEB?. I un edifici ZEB?

Tot i que aquesta directiva estableix que cada estat membre ha de concretar una definició exacte d'edifici nZEB, totes les possibles definicions que es formulin han de coincidir en que:

Un edifici nZEB (nearly Zero Energy Building), és un edifici que es caracteritza per tenir un nivell d'eficiència energètica molt alt, amb uns consums d'energia gairebé zero o molt baixos i que estaran coberts en gran mesura per energia procedent de fonts d'energia renovables, produïdes in situ o en l'entorn.

En el cas de parlar d'un edifici ZEB (Zero Energy Building), tot i que la normativa no fa referència a aquest tipus d'edificis, es podria definir de la mateixa manera que un edifici nZEB, però anant un pas més enllà. En aquest tipus d'edificis tota l'energia consumida per l'edifici, prové de fonts d'energia renovable, podent ser per tant un edifici autosuficient.



Imatge 31: Exemple d'edifici de baix consum d'energia amb generació solar i eòlica. Font: Google imatges

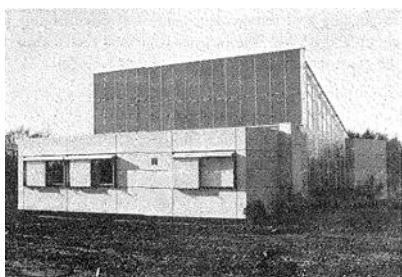
Actualment Espanya encara no disposa d'una definició oficial aquest tipus d'edificis però es preveu que es defineixi a l'estiu del 2018.

En qualsevol cas en general, tant si es parla d'edifici nZEB com edifici ZEB, tots dos conceptes es caracteritzen per fomentar edificis amb un alt nivell d'eficiència energètica, baix consum d'energia i ús de les fonts d'energia renovables generades in situ o en l'entorn, amb l'objectiu de reduir al màxim les emissions contaminants generades i obtenir un balanç d'energia neutre, generant i consumint energia a parts iguals.

3.2. Primeres construccions

El concepte d'edificis ZEB o nZEB no és nou, ja se'n començava a parlar a mitjans del segle XX amb les primeres construccions d'arquitectura solar. Aquest tipus d'arquitectura pretenia augmentar el confort i reduir les necessitats energètiques dels edificis aprofitant l'energia solar de forma passiva, mitjançant un disseny pensat en aprofitar el màxim la llum i l'escalfor del sol; l'energia solar passiva mitjançant captadors solars per escalfar aigua i l'activa amb plaques fotoelèctriques per obtenir electricitat.

Un dels primers edificis que es podrien considerar d'energia gairebé zero, el van construir els professors Torben V. Esbensen y Vagn Korsgaard per la universitat Tècnica de Dinamarca l'any 1975.



Imatge 32: Habitatge de baix consum construït per Torben V. Esbensen y Vagn Korsgaard l'any 1975 a Dinamarca

El projecte consistia en dissenyar i construir un habitatge capaç de cobrir les necessitats tèrmiques del habitatge durant tot l'hivern utilitzant únicament l'energia solar. Per assolir aquest objectiu, es va dissenyar l'edifici de tal forma que s'aprofités al màxim les hores disponibles del sol i es produïssin les menors pèrdues tèrmiques possibles, utilitzant aïllaments de llana de roca d'entre 30 i 40 cm de gruix, aïllament mòbil en les finestres i sistemes de ventilació equipats amb recuperadors d'energia.

També es va instal·lar un sistema de captació solar per a la producció d'aigua calenta consistent en 30m² de plaques solars i un tanc amb una capacitat de 30m³, dimensionat per cobrir les necessitats d'ACS i calefacció.

Des de llavors, amb el desenvolupament de les energies renovables, els materials aïllants i constructius, així com nous dissenys destinats a aprofitar el màxim l'energia de l'entorn, han derivat en el concepte d'edificis coneguts com nZEB.

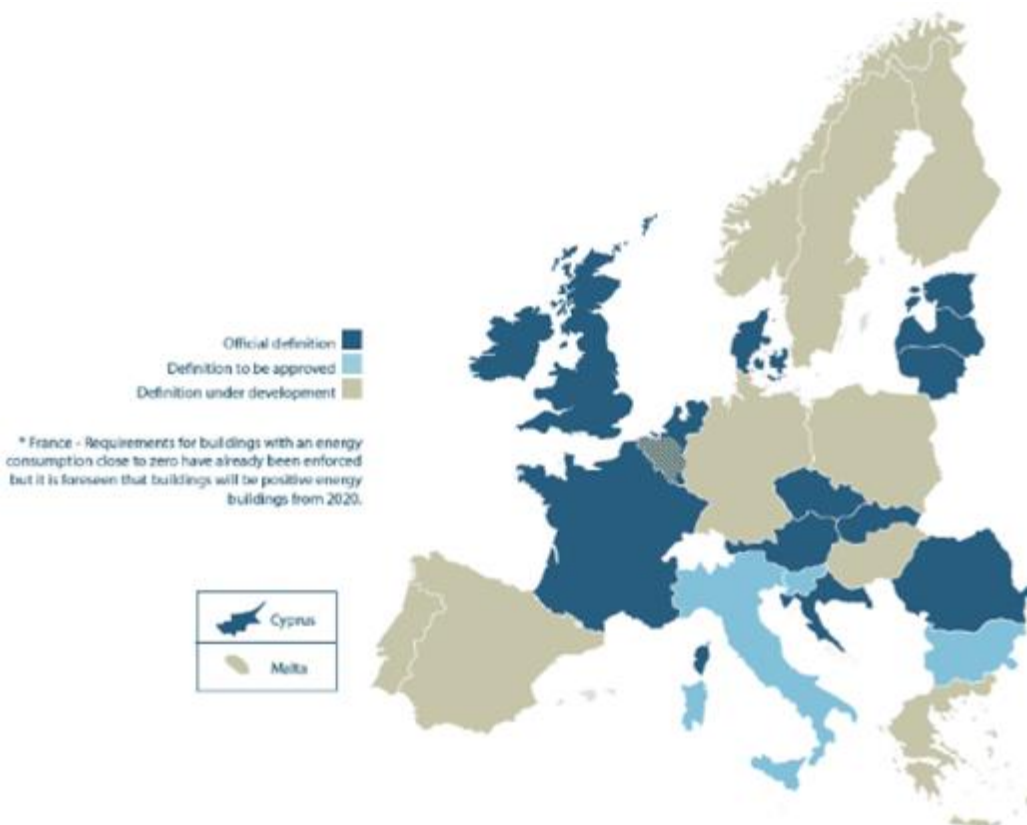
Aquets edificis són els que tenen un millor rendiment energètic podent arribar a ser energèticament autosuficients gràcies a la seva baixa demanda d'energia i la capacitat per produir de forma local o in situ l'energia que necessita mitjançant renovables.

3.3. Implementació a Europa i Espanya

Per tal de poder construir aquest tipus d'edificacions i complir amb els objectius establerts en la directiva 2010/31/UE, s'hauran de modificar els paràmetres constructius, de disseny i de gestió dels edificis utilitzats fins el moment per part d'arquitectes, promotores, constructores, fabricants de materials, sistemes i equips.

Actualment la implementació dels nZEB definida en la directiva 2010/31/UE, s'està duent a terme amb força lentitud, per part dels estats membres de la UE, segons el que es recull en l'informe (Nearly zero energy buildings definitions across Europe) realitzat el 2015 pel BPIE (Buildings Performance Institute Europe) i les recomanacions de la UE 2016/1318 de la comissió europea 26 de juliol 2016.

Com es pot observar en la imatge 33, es poden identificar quin és l'estat de les definicions d'edificis nZEB l'any 2015 en els països membres de la UE. En aquest moment 15 països han establert una definició específica, 3 països han establert els requisits i pròximament s'incorporaran a la legislació nacional corresponent; finalment els 8 països restants, entre els quals es troba Espanya, encara estan treballant en la seva definició.



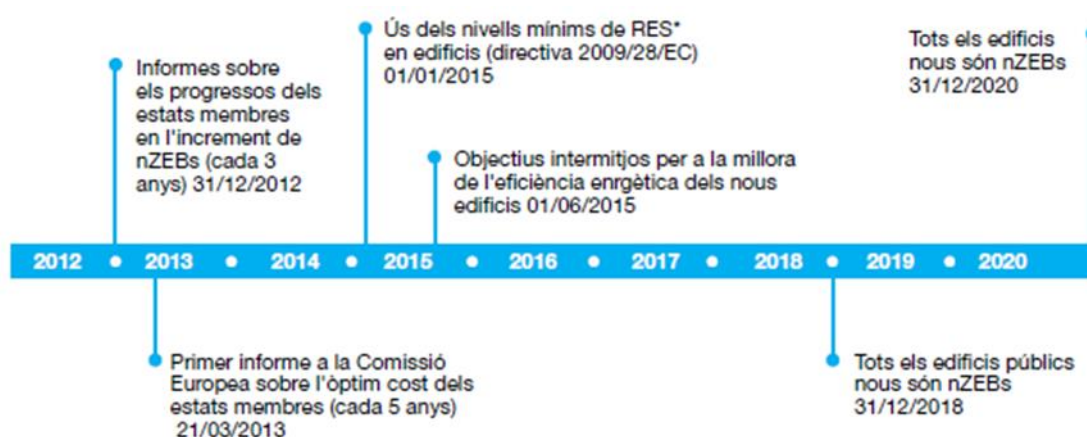
Imatge 33: Estat de la definició nZEB als països de la UE al 2015. Font BPIE (Building Performance Institute Europe)

En el cas concret d'Espanya, s'espera una actualització de l'actual CTE 2013 (Codi Tècnic d'Edificació) abans del més de setembre de 2018, on s'augmentaran els requisits mínims d'eficiència energètica i s'inclourà una definició específica dels edificis nZEB. D'aquesta manera es complirà amb l'obligació d'actualitzar els requisits mínims d'eficiència energètica en períodes inferiors a 5 anys, establert en l'article 4 de la directiva 2010/31/UE.

Taula 5: Evolució dels valors mínims de demanda i consum energètic. Font: Edificis de consum d'energia zero ICE (Institut Català d'Energia)

		CTE 2006		CTE 2013		nZEB (Pendent d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Limit de demanda energètica (kWh/m² any)	Calefacció	No definit		20 + 1000/S*	Estalvi del 25% demanda referència	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració			15		<15	
HE0. Limit de consum energètic (kWh/m² any)		No definit		50 + 1500/S*	Classe B	Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmica ACS**	≥30%	≥30%	≥40%	≥40%	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici

A continuació es mostren les accions previstes de la UE per tal de garantir l'aplicació de la directiva i assolir els objectius establerts abans de la data límit del 31 de desembre del 2020.



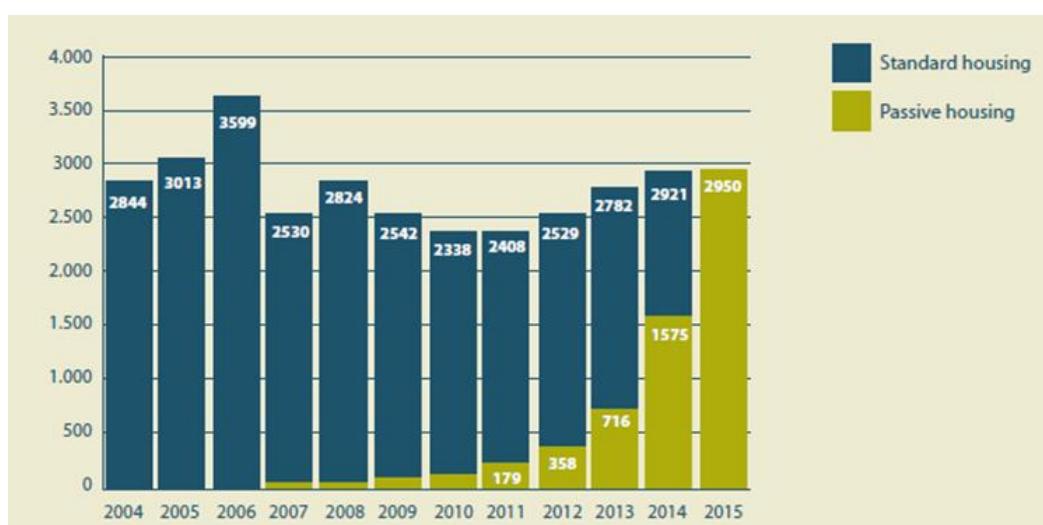
* RES: Renewable energy sources = Energia provinent de fonts renovables.

Imatge 34: Calendari d'aplicació dels edificis de consum d'energia gairebé zero. Font: Edificis de consum d'energia zero ICE (Institut Català d'Energia)

Actualment alguns dels països europeus són capdavanters en l'aplicació de la directiva europea amb l'objectiu d'aconseguir assolir edificis amb consum d'energia gairebé zero: països com Dinamarca i Eslovàquia han establert un indicador de comportament energètic, la República Txeca i el Regne Unit han començat a aplicar la definició d'edifici nZEB en els edificis de tipus residencial.

De tots els països, a la regió de Brussel·les capital, els requeriments de consum d'edificis d'energia zero s'han anat adaptant gradualment des del 2011 i actualment són d'obligat compliment per a tots els edificis nous sent tota una referència a Europa.

En el següent gràfic es pot observar l'evolució de la implementació del concepte nZEB en els edificis de nova construcció a Brussel·les, arribant a ser del 100% al 2015.



Gràfic 28: Evolució dels nous edificis de tipus nZEB construïts a Brussel·les (2004-2015). Font: BPIR factsheet n ZEB definitions across Europe 2015

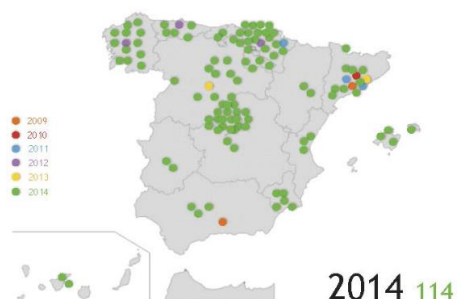
A Espanya mentre no existeixi una definició exacte d'edificis nZEB, podem considerar com a referent la certificació Passivhaus, una de les certificacions ambientals que més s'aproxima al concepte nZEB. Els edificis construïts seguint aquest estàndard, assoleixen estalvis d'energia en calefacció i refrigeració de fins un 75% en comparació a un edifici tradicional, podent cobrir l'energia requerida mitjançant fonts d'energia renovable.

Aquest estàndard no requereix de la utilització d'un tipus de producte, material o disseny concret, simplement consisteix en la optimització dels recursos disponibles mitjançant: un disseny orientat a aprofitar el màxim l'energia solar, un bon aïllament tèrmic adaptat a les condicions climàtiques de la

zona, eliminar els ponts tèrmics³⁰ per on s'escapa l'energia com són els eixos, juntes... realitzar un envoltant tèrmic³¹ lo més hermètic possible controlant la ventilació amb sistemes mecànics i de recuperació d'energia.

Taula 6: Criteris per la certificació Passivhaus Fot: Edificis de consum d'energia zero ICE (Institut Català de l'Energia)

ESTÀNDARD PASSIVHAUS			
Criteris per a edificis no residencials*		Criteris per a edificis residencials	
Demanda de calefacció	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{any}$	Demanda de calefacció	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{any}$
Demanda de refrigeració	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{any}$	Demanda de refrigeració	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{any} + 0,3 \text{ W/(m}^2\text{anyK)} \cdot \text{TGH (grau-hora-seca)}^{****}$
Consum d'energia primària*	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{any}$	Consum d'energia primària**	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{any}$
Hermeticitat***	$\leq 0,6 \text{ renovacions/h}$	Hermeticitat***	$\leq 0,6 \text{ renovacions/h}$



Imatge 35: Edificis amb certificat Passivhaus 2014. Font Plataforma edificis Passivhaus

Agafant com a referència els edificis amb aquesta certificació com edificis nZEB, es pot dir que a Espanya existeixen uns 44 edificis d'alta eficiència energètica on la majoria de construccions es concentren a Catalunya.

Actualment a Catalunya, existeixen una multitud d'organismes (IREC, LEIAT, ASCAMM-EURECAT, CIMNE i l'Institut Català de l'Energia) que formen part d'un grup de treball per tal de promoure els edificis nZEB i ZEB. Alguns dels projectes a nivell europeu que existeixen actualment per a la promoció dels edificis nZEB són: AIDA, ZEMeds, ZEBRA, MARIE, RePublic-ZEB, Smart reflex, Tribute, Step2Sport, RESSEPEE.

³⁰ Punts o zones de l'edifici amb un aïllament inferior a la resta que l'envolta. En són un exemple les finestres.

³¹ Referit als materials que envolten l'edifici i que l'aïllen tèrmicament de l'exterior.

3.4. Tipus i classificació

Tal i com s'ha explicat en l'apartat anterior, els edificis ZEB i nZEB són la solució per reduir les emissions contaminants i fer un ús més sostenible i racional de l'energia. No obstant tot i que parteixen de definicions similars cal diferenciar-los. L'NREL (National Renewable Energy Laboratory) diferencia en 4 tipus d'edificis ZEB segons l'ús de la xarxa i les energies renovables:

- **ZEB Site Energy:** l'edifici produeix amb energies renovables i en la mateixa ubicació, com a mínim la mateixa quantitat d'energia que la consumida en un any.
- **ZEB Source Energy:** l'edifici produeix o compra com a mínim tanta energia (produïda amb fonts d'energia renovable) com la que consumeix en un any. Per realitzar el balanç energètic, cal comptabilitzar l'energia primària utilitzada per extreure, processar, generar i entregar l'energia en el lloc de consum.
- **ZEB Eenergy Cost:** és l'edifici en el qual el propietari ha pagat una quantitat de diners a l'empresa que li subministra l'energia que consumeix i aquesta li paga la mateixa quantitat per l'energia subministrada per l'edifici a la xarxa, mitjançant energies renovables al llarg d'un any. Es a dir, l'edifici reverteix a la xarxa l'energia produïda i l'empresa distribuïdora li compra aquesta energia.
- **ZEB Zero Emissions:** és l'edifici que produeix o compra la suficient energia, provinent de fonts d'energies renovables lliures d'emissions contaminants, per compensar les emissions de tota l'energia utilitzada per l'edifici en un any.

Cal destacar que un edifici ZEB, pot esdevenir un edifici nZEB depenent de les condicions climatològiques, l'estat de l'edifici, una incorrecta gestió... Per tant els tipus anteriors d'edificis també es podria dir que són diferents tipus d'edificis nZEB tenint en compte que aquets estan més limitats i no assoliran un balanç net d'energia. Per poder adaptar les definicions anteriors, s'han de substituir les paraules com a mínim i la mateixa per gairebé.

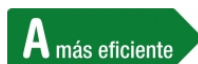
Actualment no existeix un sistema de classificació estandarditzat per classificar els edificis nZEB /ZEB però existeixen varies propostes per classificar aquest tipus d'edificis. El NREL en el *Technical Report NREL/TP-550-44586 juny 2010* titulat *Net-Zero Energy Buildings: A classification System based on renewable energy supply options*, ha proposat un sistema de classificació basat en l'ús de les energies renovables.

Partint del concepte nZEB / ZEB, aquest sistema classifica aquest tipus d'edificis atorgant una lletra que va de la A a la D segons les diferents opcions d'energia renovable que s'utilitzen, la seva localització respecte l'edifici i el seu ús per cobrir les necessitats energètiques al llarg de l'any.

La classificació s'ordena segons el nivell de preferència, sent la qualificació A la millor considerada i la D és la pitjor considerada:



Classificació



És la qualificació més alta dintre de la classificació. S'atorga als edificis amb molt baixa demanda energètica i que cobreixen les seves necessitats energètiques mitjançant energies renovables localitzades en l'edifici sense emetre emissions contaminants.

Energies renovables que solen utilitzar:

- Plaques solars fotovoltaïques per generar electricitat
- Captadors solars per generar aigua calenta
- Generadors eòlics per generar electricitat

Classificació



S'atorga als edificis amb molt baixa demanda energètica i que cobreixen les seves necessitats energètiques mitjançant energies renovables sense emetre emissions contaminants, localitzades en el pàrquing o espais lliures adjacents a l'edifici però no instal·lats físicament en el mateix.

Energies renovables que solen utilitzar:

- Plaques solars fotovoltaïques per generar electricitat.
- Captadors solars per generar aigua calenta.

- Generadors eòlics per generar electricitat.
- Generació hidràulica de baix impacte per generar electricitat.

Classificació

C

S'atorga als edificis amb molt baixa demanda energètica i que cobreixen les seves necessitats energètiques donant prioritat a les energies renovables localitzades en l'edifici i espais adjacents. La resta de les necessitats energètiques, es cobreixen amb energies renovables importades de fora la propietat.

Energies renovables que solen utilitzar:

- Biomassa, Pellets, Etanol o biodièsel importat de fora el lloc o procedent dels residus. S'utilitzen per generar electricitat i energia calorífica.

Classificació D

D

S'atorga als edificis amb molt baixa demanda energètica i que cobreixen les seves necessitats energètiques amb energies renovables localitzades en l'edifici i espais adjacents. La resta de les necessitats energètiques, es cobreixen comprant l'energia des de l'exterior amb certificats Geen-E (2009) o altres programes equivalents que certifiquen que l'origen de l'energia és renovable i de baixes emissions contaminants.

Energies renovables solen utilitzar:

- Comprar energies procedent d'energies renovables amb certificats Green-E (2009) o equivalents.

L'objectiu d'aquesta classificació és encoratjar als propietaris, arquitectes, enginyers... a aplicar les estratègies d'alta eficiència i l'ús de les energies renovables localitzades en l'edifici.

3.4.1. Certificat energètic

La directiva 2010/31/UE també obliga a millorar l'eficiència energètica dels edificis actualment construïts i promoure l'ús de les energies renovables sense imposar cap data límit.

Des de l'1 de juny de 2013, a Espanya com a exigències derivades de les directives 2002/91/CE i 2010/31/UE relatives a l'eficiència energètica dels edificis, es va aprovar per disposició transitòria primera del Reial decret 235/2013 del 5 d'abril, l'obligació d'emetre certificats d'eficiència energètica als edificis de nova construcció i existents per poder participar en el mercat de compra i venda d'edificis.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Nombre y apellidos propietario / propietario: _____ Tipo de edificio: _____
 Dirección: _____
 Edificio existente: _____ Cº: _____
 C. Autónoma: _____

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh/m²/año	Emissiones kg CO₂/m²/año
A más eficiente		
B		
C		
D		
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

REVALIDAR REVALIDAR

BORRAR TODO

ESPAÑA

Imatge 36: Etiqueta de certificat energètic

En aquest també apareix el procediment que s'ha utilitzat per obtenir el certificat sent alguns dels més utilitzats el procediment Lider-Calener (HULC) o CE3X, i la normativa vigent en el moment de realitzar el certificat, en aquets moments el CTE-2013.

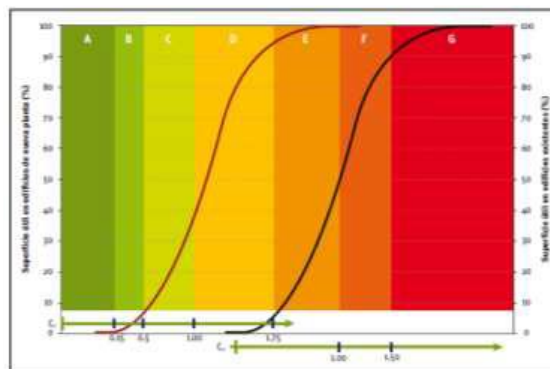
En la imatge 36, també s'ha d'acompanyar amb un informe en el qual es descriuen les característiques generals de l'edifici (envolupant tèrmica, instal·lacions tèrmiques i d'il·luminació ...). En el cas dels edificis existents també s'ha d'aportar un informe amb recomanacions per a la millora dels nivells òptims o rentables de la eficiència energètica del edifici.

D'aquesta manera, amb aquest certificat el propietari o la persona interessada en adquirir un habitatge pot conèixer el nivell deficiència i necessitats energètiques. Amb aquest certificat, es poden comparar els edificis sota els mateixos criteris energètics, permeten a l'usuari disposar de més informació i poder aplicar les accions necessàries per millorar l'eficiència de la propietat o optar per una de major eficiència.

Tal i com s'explica en el document de l'IDAE titulat *"Las claves para conocer y actuar en materia de certificación energética de los edificios"*, Cal tenir present que dels aproximadament 25 milions d'habitatges existents al territori espanyol, 6 milions tenen més de 50 anys, per lo que el parc d'edificis és força antic. El 58% dels edificis s'han construït sense seguir cap criteri d'eficiència energètica, el 90%

són anteriors a l'aplicació del CTE codi tècnic d'edificació i el 60% són anteriors a l'aplicació de la primera normativa de la NBE-CT 79 en que es tenen en compte els primers criteris energètics.

Tot això provoca que la majoria d'edificis existents construïts en el territori espanyol, tinguin marges de millora energètica de prop del 50% considerant que 8 de cada 10 edificis obtindria actualment una qualificació energètica de E o inferior, fet que suposa un consum de més del 90% d'energia respecte la mitjana.



Imatge 37: Classes d'energia a partir dels índex de qualificació C1 i C2

3.5. Directives i recomanacions europees

En aquest apartat s'expliquen amb major detall les principals directives europees relacionades amb l'eficiència energètica i la reducció d'emissions contaminants, comentades en els apartats anteriors.

3.5.1. Directiva 2010/31/UE

Directiva 2010/31/UE del Parlament Europeu i del Consell de 19 de maig de 2010 relativa a la eficiència energètica dels edificis (*refundación*).

Aquesta directiva refunda l'anterior directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002, relativa a la eficiència energètica dels edificis.

En l'actual directiva, es responsabilitza als edificis del 40% del consum total de l'energia a la Unió Europea i conseqüentment també una de les principals fonts d'emissió de gasos d'efecte hivernacle. En aquesta directiva es fa èmfasi en la millora de l'eficiència energètica dels edificis per reduir el consum d'energia i augmentar l'ús de les energies renovables per tal de reduir la dependència energètica de la UE i les emissions contaminants. D'aquesta manera es pretén complir amb els acords assolits en el protocol de Kyoto, el compromís de mantenir l'augment de temperatura global per sota dels 2°C i reduir el consum energètic respecte els nivells de l'any 1990 en un 20%.

Les mesures per millorar l'eficiència energètica dels edificis, han de tenir en compte les condicions climàtiques i particularitats locals així com també l'entorn ambiental i la rendibilitat en termes de costos – eficàcia. Aquestes mesures, no han d'afectar a altres requeriments aplicables als edificis com són: l'accessibilitat, la seguretat i l'ús previst.

L'eficiència energètica dels edificis, s'ha de calcular amb una metodologia que pugui ser diferent a escala nacional i regional. En aquesta no només s'han d'incloure les característiques tèrmiques, també s'han d'incloure altres factors com les instal·lacions de calefacció, aire condicionat, la utilització d'energies renovables, elements passius de calefacció i refrigeració, ombrejat, la qualitat de l'aire interior, adequada il·luminació natural i disseny del edifici. Per realitzar aquest càlcul d'eficiència energètica, no només es calcularà en base a temporades en que s'utilitzen els diferents sistemes, s'ha de calcular al llarg de tot un any per verificar l'eficiència energètica de l'edifici.

És responsabilitat dels estats membres establir uns requisits mínims d'eficiència energètica dels edificis i els seus elements. Tan mateix aquest nivells d'eficiència, han de ser revistats periòdicament tenint en compte el progrés tècnic.

Aquesta directiva, també anima als països membres a aplicar accions de millora d'eficiència energètica en els edificis ja construïts i la obligació d'emetre certificats energètics. D'aquesta manera cap edifici pot participar en el procés de compra venda sense el corresponent certificat que atorga al possible comprador / venedor més informació sobre l'eficiència de l'edifici i així aplicar les accions més convenients per tal de millorar-ne l'eficiència.

La present directiva, està composta per 31 articles i 6 annexos en que s'expliquen els objectius de la directiva, definicions, incentius financers... per tal de facilitar e incentivar la millora d'eficiència energètica en els edificis i l'augment de l'ús de les energies renovables. A continuació s'explicaran algun dels articles més rellevants d'aquesta directiva:

Article 1

En aquest article s'explica quin és l'objectiu de la present directiva, la qual pretén fomentar l'eficiència energètica dels edificis de la UE tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i particulars locals, així com les exigències ambientals interiors i rendibilitat en terme cost-eficàcia.

La present directiva estableix requisits mínims d'eficiència energètica en els edificis de nova construcció, edificis existents amb reformes importants, elements de la construcció que formin part de l'envolupant tèrmic dels edificis i a les instal·lacions tècniques dels edificis quan s'instal·lin o substitueixin.

Tot i que la directiva estableix requisits mínims, es deixa llibertat als estats membres a introduir noves mesures més estrictes compatibles amb el funcionament de la UE.

Article 2

Es donen diferents definicions dels termes que van apareixent al llarg de la directiva per tal de reduir els possibles dubtes o confusions derivats de la lliure interpretació dels diferents conceptes.

Les definicions que es donen en aquest article són: edifici de consum d'energia casi nul, instal·lació tècnica del edifici, eficiència energètica del edifici, energia primària, energia procedent de fonts renovables, envolupant tèrmica del edifici, unitat d'edifici, element d'un edifici, reformes importants,

norma europea, certificat d'eficiència energètica, cogeneració, nivell òptim de rendibilitat, instal·lació d'aire condicionat, caldera, potència nominal útil, bomba de calor i sistema urbà de calefacció o sistema urbà de refrigeració.

D'aquestes definicions les més importants són:

- **Edifici de consum d'energia gairebé nul (nZEB):** Edifici amb un nivell d'eficiència energètica molt alt. La quantitat gairebé nul·la o molt baixa d'energia requerida, s'haurà de cobrir amb energia procedent de fonts d'energia renovable produïda in situ o en l'entorn
- **Eficiència energètica:** quantitat d'energia calculada o mesurada que es necessita per satisfer la demanda d'energia associada a un ús normal del edifici, que inclourà entre altres coses, l'energia consumida en calefacció, refrigeració, ventilació, ACS i il·luminació
- **Reforma important:** s'entén com la renovació d'un edifici quan:
 - Els costos totals de la renovació referents a l'envolupant tèrmic de l'edifici o instal·lacions tècniques són superiors al 25% del valor del mateix exclouent el valor del terreny en que esta situat.
 - Quan es renovi més del 25% de la superfície de l'envolupant tèrmic de l'edifici.

Article 3

En aquest s'especifica que tots els estats membres hauran d'aplicar una metodologia de càlcul d'eficiència energètica dels edificis amb acord al marc general comú establert en l'annex 1 de la mateixa directiva.

Article 4

S'explica que els estats membres han d'establir mínims d'eficiència energètica podent distingir entre edificis nous i existents. Aquest mínims s'han d'establir tenint en compte les condicions ambientals, els avenços tècnics i la metodologia de càlcul d'eficiència energètica establerta en l'article 3.

En tots els casos aquest nivells d'eficiència, han de ser revisats periòdicament en intervals no superiors a 5 anys.

Article 5

S'explica les diferents mesures que s'aplicaran per tal de calcular i comparar els nivells òptims de rendibilitat dels requisits mínims d'eficiència energètica.

Article 6

Els estats membres aplicaran les mesures necessàries per tal de garantir que els edificis nous compleixin amb lo establert en l'article 4. Abans de la seva construcció, s'haurà de tenir en compte la viabilitat tècnica, mediambiental i econòmica de les instal·lacions alternatives d'alta eficiència com les que es descriuen a continuació:

- a) Instal·lacions descentralitzades d'abastiment d'energia basats en energia procedent de fonts renovables.
- b) Cogeneració³².
- c) Calefacció o refrigeració urbana o central, en particular si es basa total o parcialment en energia procedent de diferents fonts renovables.
- d) Bombes de calor.

Article 7

S'incentiva als estats membres a promoure la millora d'eficiència energètica en els edificis existents.

Article 8

Per tal d'optimitzar el consum de les instal·lacions tècniques dels edificis, els estats membres fixaran requisits en relació a l'eficiència energètica general, la correcta instal·lació, dimensionat, control i ajustament.

Aquestes consideracions no només s'apliquen a les noves edificacions, també s'apliquen als edificis existents quan es procedeixi a substituir o instal·lar noves instal·lacions.

Les instal·lacions a les quals s'apliquen els requisits seran com a mínim:

³² Consisteix en la producció simultània d'energia tèrmica i elèctrica o mecànica amb alts nivells de rendiment.

- a) Instal·lacions de calefacció
- b) Instal·lacions d'aigua calenta
- c) Instal·lacions d'aire condicionat
- d) Grans instal·lacions de ventilació
- e) Combinació de diferents instal·lacions

Article 9

És un dels articles més importants de la directiva ja que fa referència als edificis de consum d'energia gairebé zero. En aquest article s'estableix que:

- a) Després del 31 de desembre de 2020 tots els edificis de nova construcció han de ser de consum d'energia gairebé zero.
- b) Després del 31 de desembre de 2018, els edificis de nova construcció que estiguin ocupats i siguin de propietat pública, han de ser de consum d'energia gairebé zero.

Els estats membres hauran d'elaborar accions polítiques i diferents mesures per tal de complir amb els objectius i estimular la transformació dels edificis existents que es reformin en edificis de consum d'energia gairebé nul informant a la comissió en els respectius plans nacionals referits en l'article 1.

En el punt 3 d'aquest article, s'especifica el que han d'incloure els plans nacionals:

- a) En les definicions dels estats membres d'edifici de consum d'energia gairebé zero, s'ha d'incloure un indicador numèric d'ús d'energia primària expressat en kW/m² al any.
- b) Objectius intermedis per millorar l'eficiència energètica dels edificis nous en el 2015.
- c) Informació relativa a les diferents accions per assolir els objectius.

En el punt 5, s'especifica que la Comissió, publicarà el 31 de desembre de 2012 com a tard i cada 3 anys, un informe sobre els avenços efectuats pels estats membres a l'hora d'augmentar el número d'edificis d'energia gairebé zero.

Article 11

Fa referència a la necessitat de prendre les mesures necessàries per establir un sistema de certificació de l'eficiència energètica dels edificis. En aquest s'inclourà l'eficiència energètica de l'edifici i valors de referència tals com requisits mínims d'eficiència per tal que propietaris o arrendataris puguin valorar i comparar els requisits les exigències energètiques de l'immoble.

Annex 1

En aquest annex s'explica el marc general comú pel càlcul de l'eficiència energètica dels edificis.

En el seu apartat 1, s'especifica que l'eficiència d'un edifici s'ha de calcular partint de la quantitat d'energia calculada o real consumida anualment per satisfer les seves necessitats energètiques amb un us normal de calefacció, refrigeració i ACS.

L'eficiència energètica de l'edifici s'expressarà mitjançant un número que indiqui el consum d'energia primària. La metodologia que s'aplica pel seu càlcul, correspon a la que s'inclou en la directiva 2009/28/CE.

En el punt 3, s'especifica quins aspectes cal tenir en compte per realitzar el càlcul:

- a) Les següents característiques tèrmiques tenint en compte al menys els aspectes següents:
 - a. Capacitat tèrmica
 - b. Aïllament
 - c. Calefacció passiva
 - d. Elements de refrigeració
 - e. Ponts tèrmics
- b) Instal·lació de calefacció i aigua calenta, i les seves característiques d'aïllament
- c) Instal·lacions d'aire condicionat
- d) Ventilació natural, i mecànica
- e) Instal·lació d'il·luminació incorporada
- f) Disseny, emplaçament i orientació del edifici; incloent totes les condicions climàtiques exteriors
- g) Instal·lacions solars passives i protecció solar

- h) Condicions ambientals interiors projectades
- i) Càrregues internes

També es tindran en compte la incidència positiva dels següents aspectes:

- a) Condicions locals d'exposició al Sol, sistemes solars actius i altres sistemes de calefacció o producció d'electricitat basats en energia procedent de fonts d'energia renovable.
- b) Electricitat produïda per cogeneració
- c) Sistemes urbans o centrals de calefacció i refrigeració
- d) Il·luminació natural

Finalment a efectes del càlcul, els edificis s'hauran de classificar adequadament en les següents categories:

- a) Habitatges unifamiliars
- b) Edificis en bloc
- c) Oficines
- d) Centres d'ensenyament
- e) Hospitals
- f) Hotels i restaurants
- g) Instal·lacions esportives
- h) Edificis comercials destinats a la venda
- i) Altres tipus d'edificis que consumeixin energia

3.5.2. Directiva 2012/27/UE

Directiva 2012/27/UE del Parlament Europeu i del Consell de 25 d'octubre de 2012 relativa a la eficiència energètica.

La present directiva modifica les anteriors directives 2009/125/CE i 2010/30UE, i per lo que es deroguen les directives 2004/8/CE i 2006/32/CE.

En aquesta directiva es parla sobre l'eficiència energètica del conjunt de la Unió Europea i remarca la necessitat de millorar-la per tal de reduir el consum energètic, les emissions contaminants i la dependència energètica en un 20% per l'any 2020.

Amb aquests objectius, cada estat membre fixarà un objectiu nacional d'eficiència energètica orientatiu, basat en el consum o estalvi d'energia primària o final.

Per fixar objectius, els estats membres hauran de tenir en compte que el consum d'energia de la UE al 2020 no pot ser superior a 1.474Mtep³³ d'energia primària o 1078Mtep d'energia final.

Cal d'estacar que en aquesta directiva, ja es parla de millorar l'eficiència energètica dels edificis existents i com a mesura exemplaritzant, s'estableix que en els edificis de propietat i ús públic s'ha d'augmentar com a mínim un 3% de la superfície, l'eficiència dels sistemes de refrigeració i calefacció cada any a partir de l'1 de gener de 2014. Complint amb els requisits mínims establerts en l'article 4 de la directiva 2010/31/UE .

³³ Mtep, tona equivalent de petroli. És la quantitat d'energia emmagatzemada en una tona de petroli 11.630 kWh =41.868000000 J.

3.5.3. Recomanació (UE) 2016/1318

El 29 de juliol de 2016, la comissió de la Unió Europea, va emetre un redactat amb recomanacions sobre les directius per promoure els edificis de consum d'energia gairebé nul·la i les millors pràctiques per garantir que abans de finalitzar l'any 2020, tots els edificis de nova construcció siguin nZEB.

En aquestes recomanacions, es remarca la importància de reduir el consum dels edificis i es recorden els punts més importants de la directiva 2010/31/UE fent especial èmfasi en el concepte nZEB.

Aquest document té la finalitat de facilitar als estats membres la implementació del concepte nZEB el més aviat possible responent a varies preguntes sobre aquest concepte i donen algunes recomanacions.

Una de les recomanacions més destacables d'aquest document, és la que apareix en el punt 4.1 en que es dona resposta a la pregunta *Quan resulta massa escàs l'ambició d'un nivell d'edifici d'energia gairebé nul d'eficiència energètica?*. En aquest punt, la UE estableix uns valors numèrics de referència en termes de necessitat energètica segons si es tracta d'un edifici d'oficines o un habitatge familiar i de la zona climàtica en que es troba tal i com es pot observar en la següent taula.

Taula 7: Valors de referència de consum energètic expressats en kWh/(m²any) establerts en les recomanacions 2016/1318 UE. Elaboració pròpia

Zona climàtica	Ús de l'edifici	Energia primària (kwh/(m ² any))		
		Neta (no renovable)	Procedent de fonts renovables in situ	Total
Mediterrània	Oficines	20-30	60	80-90
	Habitatges unifamiliars	0-15	50	50-65
Oceànica	Oficines	40-55	45	85-100
	Habitatges unifamiliars	15-30	35	50-65
Continental	Oficines	40-55	45	85-100
	Habitatges unifamiliars	20-40	30	50-70
Nòrdica	Oficines	55-70	30	85-100
	Habitatges unifamiliars	40-65	25	65-90

Quan menors siguin els valors de necessitats energètiques respecte els valors de referència, més eficient serà l'edifici i en major mesura contribuirà en la reducció d'emissions i consum energètic.

4. Estudi de l'edifici actual

En aquest apartat es descriu com és l'edifici objecte d'estudi, el qual es vol redissenyar i equipar amb les instal·lacions i aïllaments necessaris, per millorar-ne la seva eficiència i transformar-lo en un edifici nZEB.

També s'estudiarà quin són els consums per posteriorment comparar-los amb l'edifici nZEB que es pretén dissenyar a partir de la millora de l'actual.

4.1. Descripció general de l'edifici

L'edifici objecte d'estudi es troba localitzat en el nucli antic de la població de Castellbisbal, que pertany a la comarca del Vallés Occidental (Catalunya). Es tracta d'un habitatge unifamiliar situat entre mitjaneres amb orientació Nord – Sud construït l'any 2007.



Imatge 38: Localització del habitatge a estudiar. Font Google Maps



Imatge 39: Façana principal Carrer Sant Francesc i façana posterior

El terreny sobre el qual s'ha construït, disposa d'una superfície de 177,83 m² sent les seves mesures les següents:

Taula 8: Dimensions del terreny on es troba l'edifici

Dimensions del terreny	Metres (m)
Longitud de la façana principal (carrer sant Francesc)	4,86
Lateral dret (paral·lel al carrer Joan Maragall)	35,20
Lateral esquerra (paral·lel al carrer Pi Maragall)	36,66
Longitud façana posterior	5,06

En la imatge 38 es pot observar la forma del terreny i la situació de l'edifici. Per a més informació sobre la localització del habitatge i les seves característiques, es poden consultar els plànols 0-6 situats al final del projecte, la informació cadastral del edifici es troba en l'annex C.

L'habitatge disposa de planta baixa (garatge) amb accés al jardí, planta primera, planta segona i golfes. La façana principal, amb una altura màxima de 10m, dóna accés al carrer Sant Francesc, mentre que la façana posterior, amb una altura també de 10 m, dóna accés a un jardí de la propietat, delimitat per la resta d'edificis que l'envolten.

La superfície total construïda és de 341,64 m² amb una superfície útil de 187,91m² repartits en planta baixa, planta primera, planta segona i golfes. L'accés a les diferents plantes es realitza mitjançant escales o ascensor (sense accés a les golfes).

Taula 9: Superfície construïda del edifici

	Superfície m ²
Planta baixa	110,09
Planta primera	90,61
Planta segona	90,61
Golfes	50,33
TOTAL	341,64

En total es disposa de 4 habitacions, 3 banys, 1 lavabo , 2 menjadors, estudi, una dispensa i 2 armaris. També es disposen de 2 balcons, 2 terrasses de petites dimensions i un jardí.

La distribució de les diferents estances és la següent:

- **Planta baixa:** porxo, vestíbul, bany 1, menjador 1, garatge amb accés al jardí.
- **Planta primera:** balcó 1, menjador 2, lavabo, rebedor, armari 1, dispensa, cuina i terrassa 1.
- **Planta segona:** balcó 2, habitació 1, armari 2, bany 2, habitació 2, habitació 3, rebedor 2 i balcó 3.
- **Golfes:** Terrassa 2, estudi, bany 3, saleta i traster.

La distribució de superfícies i volums de les diferents estances apareix en la taula 10:

Taula 10: Distribució de superfícies i volums

Número	Dependència	Superfície m ²	Volum m ³
1	Porxo	3,52	1,91
2	Vestíbul	4,90	14,7
3	Garatge	63,15	195,76
4	Bany 1	2,91	9,02
5	Menjador 1	16,89	52,36
6	Jardi	62,94	-
7	Balcó 1	4,96	-
8	Menjador 2	26,20	73,36
9	Lavabo	3,19	8,93
10	Rebedor	10,27	28,75
11	Armari	2,43	6,8
12	Dispensa	4,50	12,6
13	Cuina	20,92	58,58
14	Terrassa 1	17,90	-
15	Balcó 2	4,96	-
16	Habitació 1	20,92	58,57
17	Armari 2	2,91	8,15
18	Bany 2	6,97	19,51
19	Habitació 2	17,52	49,05
20	Habitació 3	10,14	28,39
21	Rebedor 2	8,82	24,7
22	Balcó 3	1,45	-
23	Terrassa 2	16,60	-
24	Estudi	18,09	45,22
25	Bany 3	3,00	7,5
26	Habitació 4	16,93	42,32
27	Escales	15,10	-
Superfície total útil		187,91	Excloent: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14,15, 22, 23

Com a superfície útil, només s'han considerat aquelles superfícies d'ús més freqüent i que tenen necessitats tèrmiques (calefacció, refrigeració o ACS).

4.2. Normativa utilitzada durant el disseny i construcció

El projecte de construcció del habitatge en qüestió, fou projectat per l'estudi d'arquitectura "Garcia y Ruiz Asociados" el juliol del 2003 i amb finalització de les obres l'any 2007, pel que compleix amb la normativa vigent a l'any 2003:

- *"Norma Básica de la Edificación Acciones en la Edificación"* NBE-AE/88
- *"Norma Básica de la Edificación Sobre Condiciones Acústicas en los Edificios"* NBE-CA/88
- *"Norma Básica de la Edificación sobre Conductas Térmicas en los edificios"* NBE-CT-79"
- *"Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios"* NBE-CPI-96"
- *"Norma Reglamentaria d'edificació sobre aïllament tèrmic"* NRE-AT-87 ordre de 27 d'abril de 1987
- *"Instrucción de Hormigón Estructural"* EHE-98 real decret 2661/98 i 996/99.

4.3. Materials de l'envolupant tèrmica

Una de les parts fonamentals que determinen l'eficiència energètica d'un edifici, és la seva envoltant tèrmica ja que és per on es produeix l'intercanvi tèrmic entre l'interior i l'exterior de l'edifici. Segons el DB-HE 1, aquesta està formada per tots els tancaments que limiten els espais habitables amb l'exterior i també les particions interiors que limiten els espais habitables i no habitables amb l'exterior.

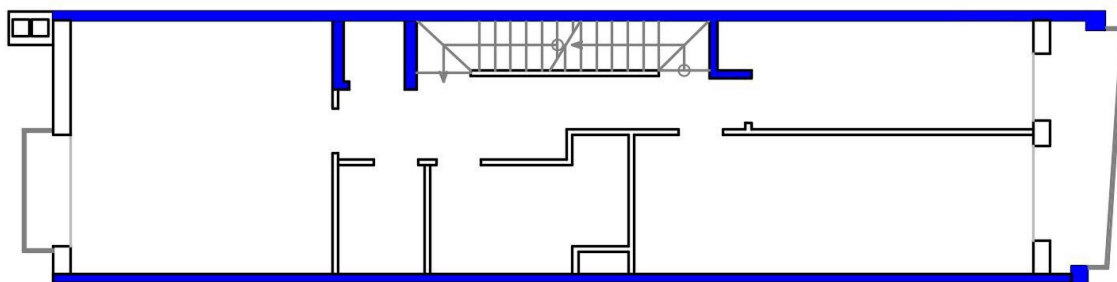
El projecte al datar de l'any 2003, compleix amb les normatives d'aïllament tèrmic i eficiència energètica establertes fins aquell moment i que s'especifiquen a l'apartat 4.2 d'aquest projecte. Gràcies al seguiment de la obra i la participació en la mateixa, a continuació es descriuen els materials utilitzats per la construcció de l'edifici i que contribueixen a l'aïllament tèrmic de l'edifici.

1. Maó calat



Maó fabricat amb terra cuit al forn amb perforacions perpendiculars al pla, amb unes dimensions de llargada, altura i amplada de (280 x 140 x 100) mm. És un dels maons més utilitzats ja que els seus forats permeten una adequada introducció del morter creant estructures molt resistents. Addicionalment aquets forats actuen com aïllament gràcies a l'aire retengut al seu interior.

Aquest tipus de maó és el que s'utilitza per crear les parets laterals de l'edifici tal i com s'observa en la següent imatge:



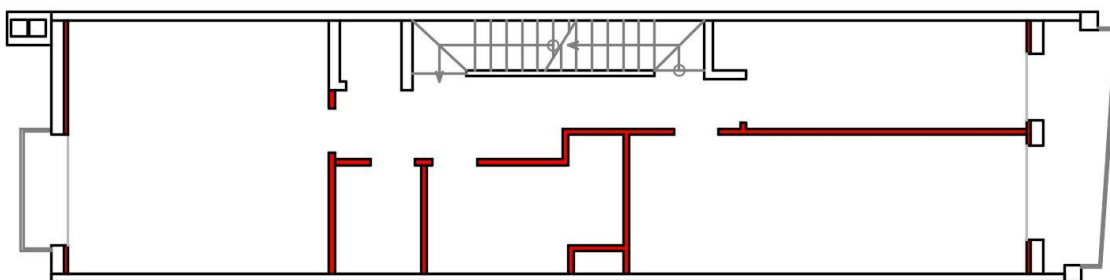
Imatge 40: Planta segona, en blau es marca l'ús del maó calat 280x140x100 mm

2. Maó foradat



Utilitzat majoritàriament per crear les divisions interiors dels habitatges. És un maó fabricat amb terra cuit al forn, amb forats que travessen longitudinalment tot el maó fent-lo molt lleuger. Les seves dimensions, llargada, altura i amplada són de (500 x 200 x 70) mm.

En aquest cas no només s'utilitza en les divisions internes de la casa, també s'utilitza per formar una càmera d'aire, que actua com aïllament, en les façanes de l'edifici tal i com es pot observar en la imatge 42.

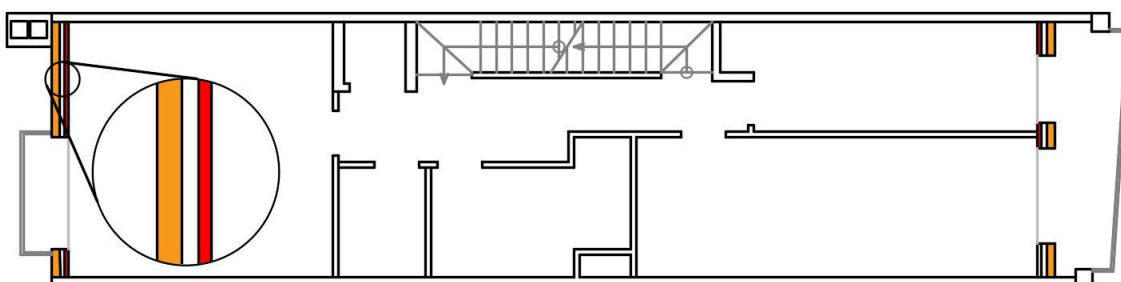


Imatge 41: Planta segona, en vermell es marca l'ús del maó foradat 500 x200x70 mm

3. Maó perforat vist decoratiu



Maó decoratiu vist, fabricat amb terra cuit al forn amb perforacions perpendiculars al pla en forma de rombes per tal d'augmentar el nombre de forats a l'interior i augmentar-ne la resistència tèrmica³⁴. Les seves dimensions, llargada, altura i amplada són de (280 x 140 x 55) mm.



Imatge 42: Planta segona, en taronja es marca l'ús del maó perforat decoratiu 280x140x55 mm. També es mostra en el cercle el detall de la cambra d'aire (aïllament) format per maó perforat i maó foradat

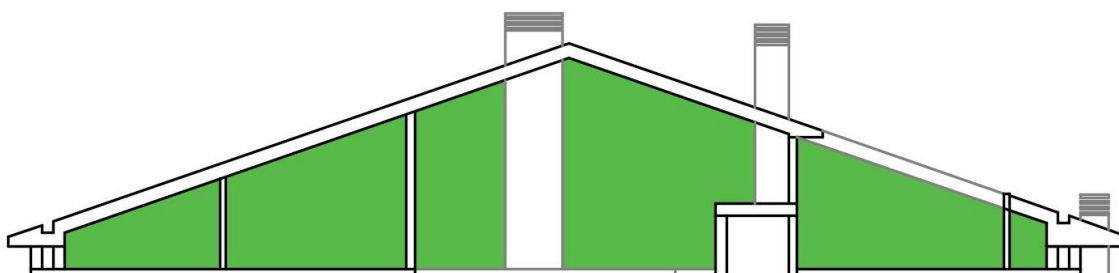
³⁴ Oposició que presenta el material per transferir energia tèrmica.

4. Totxana



Maó fabricat amb terra cuit al forn, amb forats que travessen longitudinalment tot el maó fent-lo molt lleuger. A diferència del maó foradat, té una resistència a la càrrega superior, similar al maó calat. Les seves dimensions de llargada, altura i amplada són (280 x 140 x 100) mm.

Aquest és utilitzat en les parets laterals de la planta golfes per tal de suportar la teulada i reduir el pes que ha de suportar l'estructura en general.

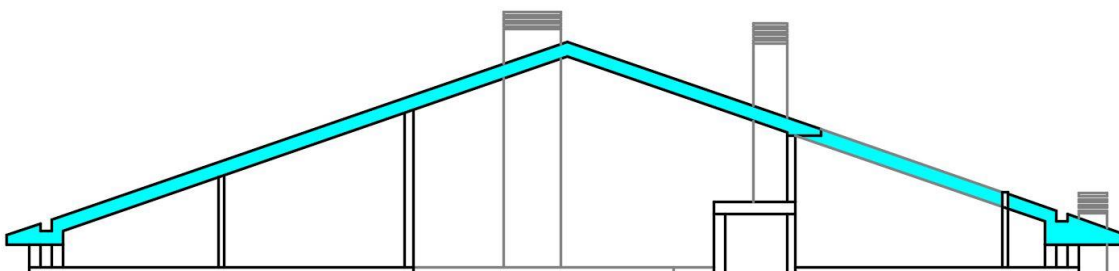


Imatge 43: Planta golfes, en verd es marca l'ús de la totxana 280x140x100 mm

5. Revoltó ceràmic



Maó de grans dimensions fabricat amb terra cuit al forn, amb forats que travessen longitudinalment tot el maó fent-lo molt lleuger. S'utilitza per crear les teulades i sostres dels habitatges en combinació amb altres elements estructurals.



Imatge 44: Planta golfes, en blau es marca l'ús del revoltó ceràmic

6. Teula



Teula fabricada amb terra cuit col·locat sobre la teulada. S'utilitza per aïllar la casa de les inclemències meteorològiques i de la temperatura.

7. Espuma de poliuretà



Imatge 45: Espuma de poliuretà

L'espuma de poliuretà, és un material sintètic que s'obté de la mescla de dos components químics (Isocianat i polioli). Aquests components, al barrejar-se reaccionen entre si formant una espuma lleugera que s'expandeix i s'adhereix a la majoria de superfícies. Aquest material, s'utilitza com a material aïllant gràcies a les seves propietats tèrmiques, acústiques, repel·lent de l'aigua i resistència al foc.

En aquest cas concret, s'ha aplicat en una de les superfícies interiors de la cambra d'aire de les façanes, amb 2 cm de gruix aproximadament per millorar-ne l'aïllament tèrmic de l'envolupant tèrmic.

8. Finestres dobles



Imatge 46: Finestra doble

En aquest habitatge s'han utilitzat finestres dobles amb marcs d'alumini equipats amb ruptura de pont tèrmic. Aquest tipus de finestres estan dissenyades per reduir la transferència de calor que es produeix amb l'exterior. Tal i com es pot observar en la imatge, aquesta finestra està formada per dos vidres separats per una càmara d'aire que actua com aïllant tèrmic.

Els marcs estan formats per dues peces d'alumini (un en contacte amb l'exterior i un a l'interior de l'edifici) amb baixa resistivitat tèrmica, units mitjançant un element plàstic. Aquest element actua d'aïllament tèrmic, evitant la transferència d'energia tèrmica entre els dos elements.

Aquestes finestres tot i tenir una resistència tèrmica superior a una finestra amb vidre i marc simple, formen part del que s'anomenen ponts tèrmics ja que ofereixen un aïllament tèrmic inferior a la resta d'elements aïllants que formen l'envolupant tèrmica.

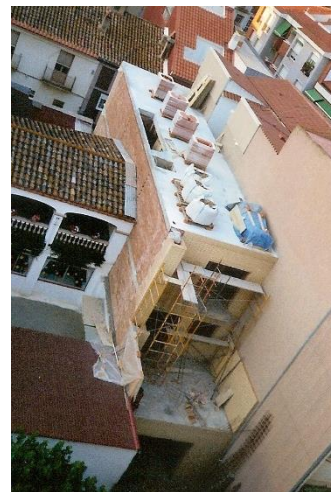
En les següents imatges es poden veure alguns dels processos i materials utilitzats en la construcció de l'edifici amb els que es poden identificar algun dels materials descrits anteriorment:



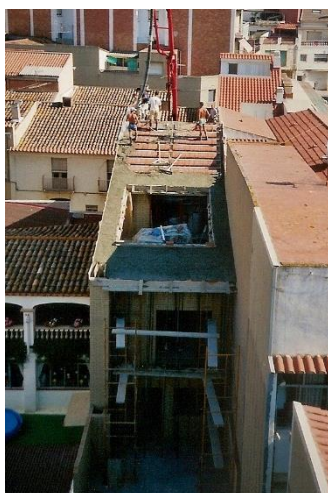
Imatge 51



Imatge 50



Imatge 49



Imatge 48



Imatge 52



Imatge 47

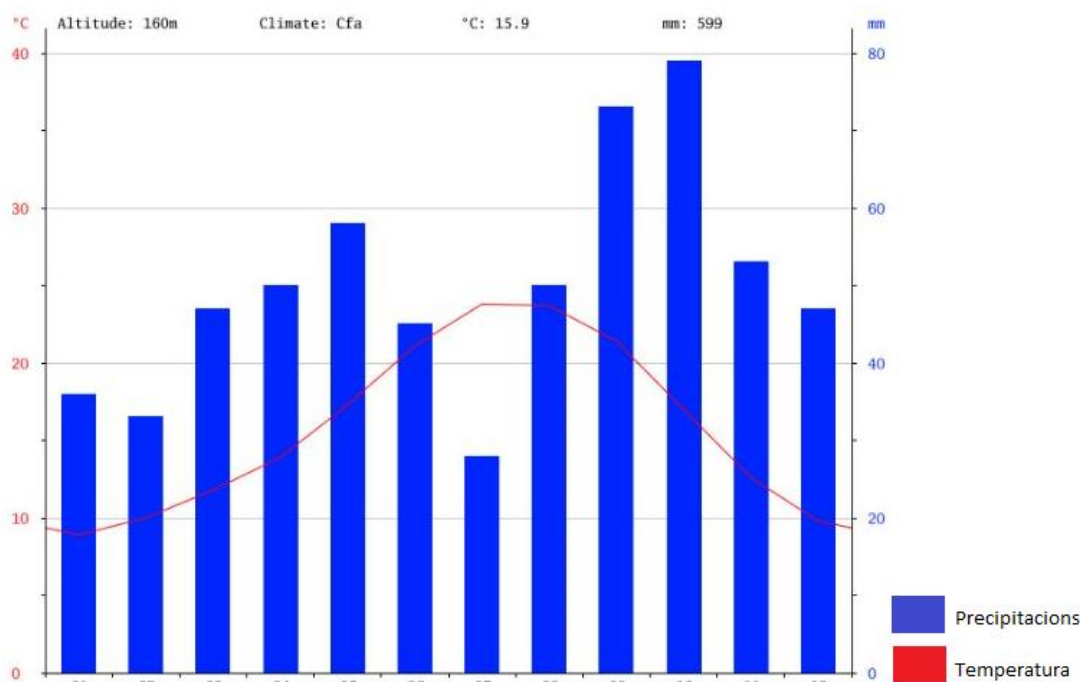
4.4. Situació geogràfica i climatologia



Imatge 53: En blau Castellbisbal, en taronja comarca del Vallès Occidental
anual de 599mm de precipitacions.

La població de Castellbisbal, pertany a la comarca del Vallès Occidental, es troba situada a les següents coordenades geogràfiques GMS: 41°29' 40,76"N 1° 57' 31,68"E a 132m³⁵ d'altitud i a uns 20km de distància de la ciutat de Barcelona.

La climatologia en aquesta zona és de tipus mediterrània, per lo que es caracteritza per gaudir de temperatures suaus durant l'hivern i d'elevades temperatures durant l'estiu, amb una temperatura anual mitjana d'uns 15,9C³⁶. Les precipitacions són abundants durant tot l'any inclús durant el mes més sec, amb una mitjana

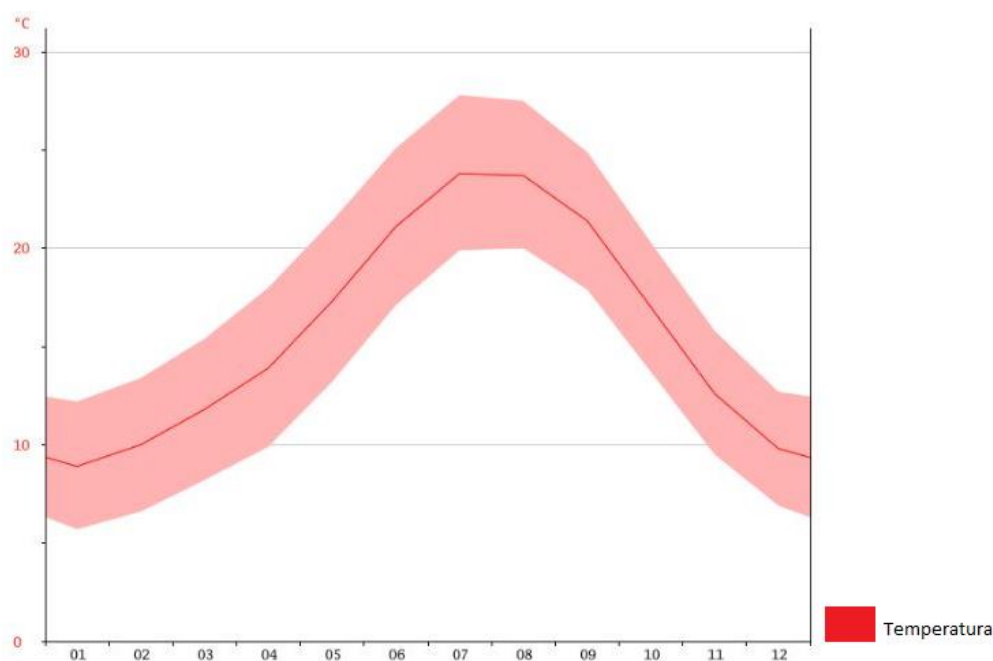


Gràfic 29: Precipitacions i temperatures Castellbisbal Font: www.climate-data.org

El mes més sec és el juliol, amb uns 28mm de precipitacions i el mes més humit correspon a l'octubre amb una mitjana de 79mm.

³⁵ Direcció general de qualitat de l'edificació i rehabilitació de l'habitatge Generalitat de Catalunya

³⁶ www.climate-data.org



Gràfic 30: Interval de temperatures Castellbisbal. Font: www.climate-data.org

El mes més calorós de l'any correspon al juliol amb una mitjana de 23,8°C i el mes més fred és el gener amb una mitjana de 8,9°C.

En el CTE 2013 (Codi Tècnic de l'Edificació), es classifiquen 5 zones climàtiques diferents segons la seva varietat climàtica d'estiu i d'hivern: A (A4, A3, A2, A1), B (B4, B3, B2, B1), C (C4, C3, C2, C1), D (D3, D2, D1) i E1. Tenint en compte les dades climatològiques anteriors i la taula B.1 (*Zonas climáticas de la Península Ibérica*) que apareix a l'apèndix B.1 "*Zonas climáticas*" del DB-HE, Castellbisbal al estar a una altura inferior a 250m respecte l'altura de la capital de província (Barcelona), es classifica com a climatologia de tipus C2.

Aquest tipus de classificació serveix per escollir i dimensionar correctament el grau d'aïllament necessari, les instal·lacions solars d'ACS i l'electricitat per tal de complir amb la limitació de consum energètic definit en els diferents CTE i normes bàsiques de la construcció que s'han anat implementant a Espanya al llarg del temps.

Tot i que l'edifici a estudiar disposa d'una estació meteorològica capaç de mesurar temperatura, humitat, pressió, pluja i velocitat del vent, al disposar de poques dades de referència (inici captura de dades al desembre 2017), aquestes són escasses per poder representar fidelment la climatologia local i s'opta per utilitzar les dades obtingudes de la pàgina web www.climate-data.org al tenir un major històric. Les dades obtingudes amb l'estació meteorològica s'utilitzaran com a referència.

4.5. Recursos energètics disponibles de l'emplaçament

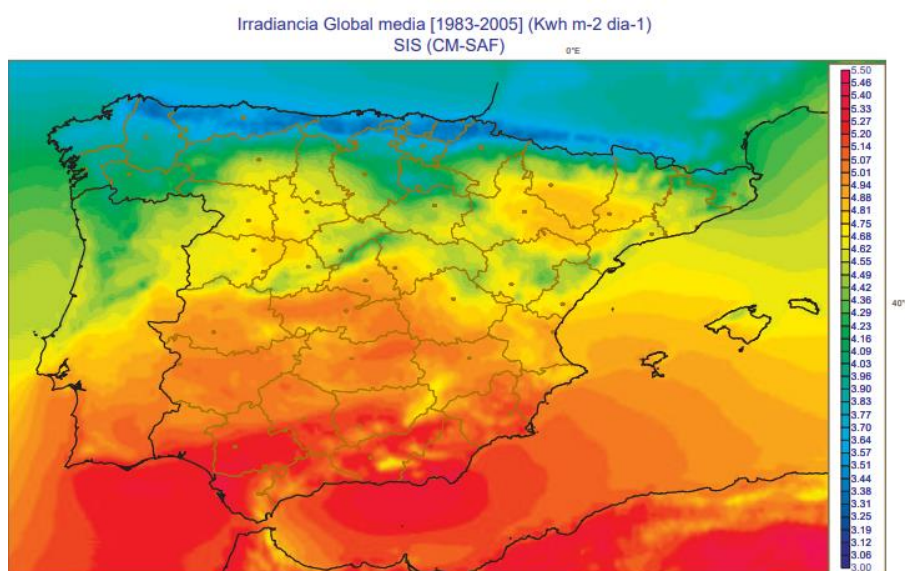
Actualment l'edifici disposa d'escomesa elèctrica, gas natural i aigua, provinents de les diferents xarxes de distribució. No obstant, no es disposa de cap instal·lació que utilitzi energies renovables com per exemple l'energia solar o eòlica. A continuació es descriuen les diferents energies alternatives disponibles que es podrien aprofitar tenint en compte la situació geogràfica de l'edifici.

4.5.1. Energia solar

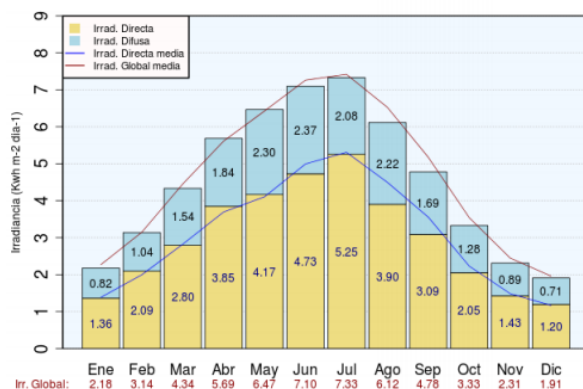
Espanya es caracteritza per trobar-se en una localització privilegiada, que compta amb una gran quantitat de radiació solar per a la generació d'ACS i electricitat. Segons el CTE 2013, es classifiquen 5 zones climàtiques segons la radiació solar: I, II, III, IV i V.

Taula 11: Taula 4.4 radiació global mitja diària anual Font: CTE 2013

Zona climàtica	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$



Imatge 54: Irradiància global mitja en Espanya en kWh m² dia Font: Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de clima EUMETSAT



Gràfic 31: Irradiància global, directa i difusa a Barcelona. Font: Atlas de radiación solar en España

municipis de Catalunya elaborat per la direcció General d'Habitatges de la Generalitat de Catalunya. Per tant és d'esperar una producció d'ACS i electricitat considerable.

Segons les dades proporcionades per l'Atlas de radiación solar en España, el Documento de apoyo al documento básico DB-HE titulat *Zonificación climática en función de la radiación solar global media diaria anual*, Castellbisbal es classifica com a zona climàtica de radiació solar III, codi INE 08054 amb una radiació solar mitjana anual de 14667 kJ/m² segons la *Classificació de la radiació solar mitjana diària anual en KJ/m² corresponent a la totalitat de*

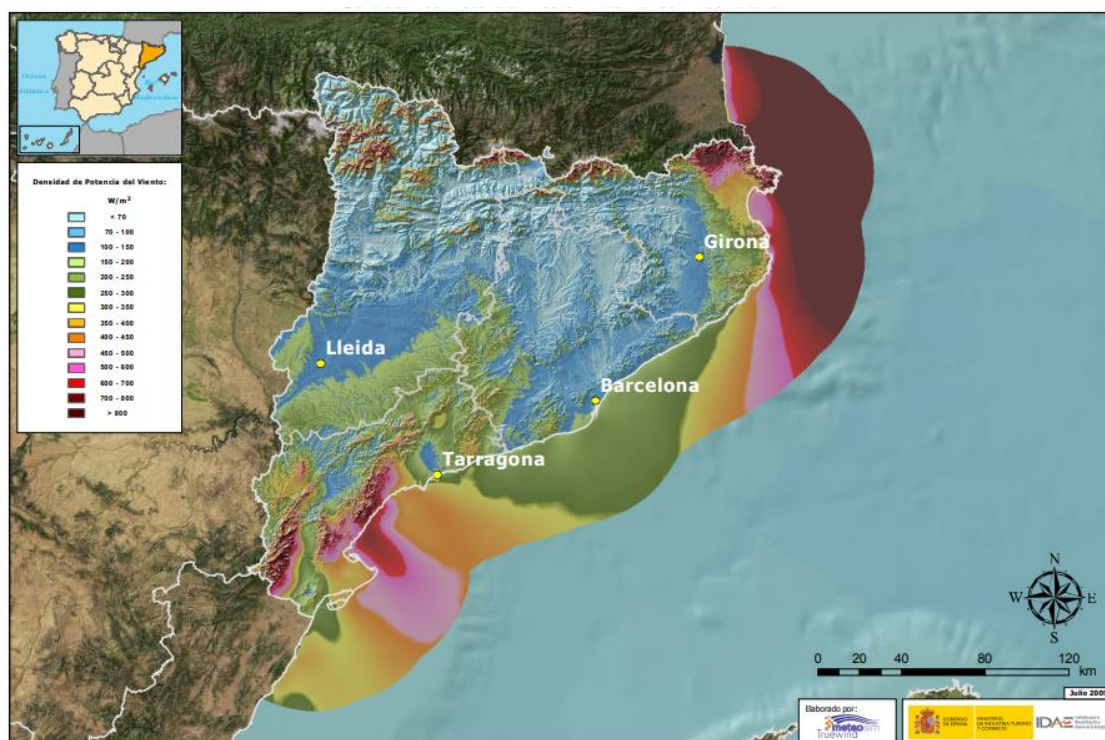
4.5.2. Energia eòlica

A diferència del recurs solar, el recurs eòlic no és molt abundant en la població de Castellbisbal i no existeix una classificació determinada en el CTE.



Mapa 1: Mapa de velocitat mitjana anual del vent a 30m d'altitud al territori espanyol. Font IDAE Atlas eólico

Segons la informació disponible en L'Atlas Eólico de España, a una altura d'uns 30 m sobre la superfície tal i com es pot observar en el mapa 1, les velocitats mitges del vent a la zona de Castellbisbal no solen superar els 4,5 m/s. Per tant en el cas d'instal·lar un aerogenerador domèstic en l'habitatge, no es pot esperar una gran producció d'energia elèctrica en comparació a si l'habitatge estigues en una zona més aïllada lliure d'obstacles.



Mapa 2: Densitat de potència mitjana anual w/m2 a Catalunya a una altura de 80m Font: IDAE Atlas eólico

Utilitzant l'aplicació *Atlaseolico* (<http://atlaseolico.idae.es>) desenvolupada per l'IDAE, si ens situem en la població de Castellbisbal, s'obtenen els paràmetres de distribució de Weibull a una altitud de 80m: C(escala)=4.17m/s i k(forma)= 2,068. Aquets paràmetres s'utilitzen per a calcular la distribució de Weibull la qual indica quina és la probabilitat existent per a que es produeixi una velocitat de vent determinada durant un any.

Utilitzant la fórmula 1 es pot extreure la distribució de Weibull i observar quines són les velocitats de vent més probables i el número d'hores totals l'any a certa velocitat de vent:

$$P(V) = \frac{k}{c} * \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k}$$

(1)

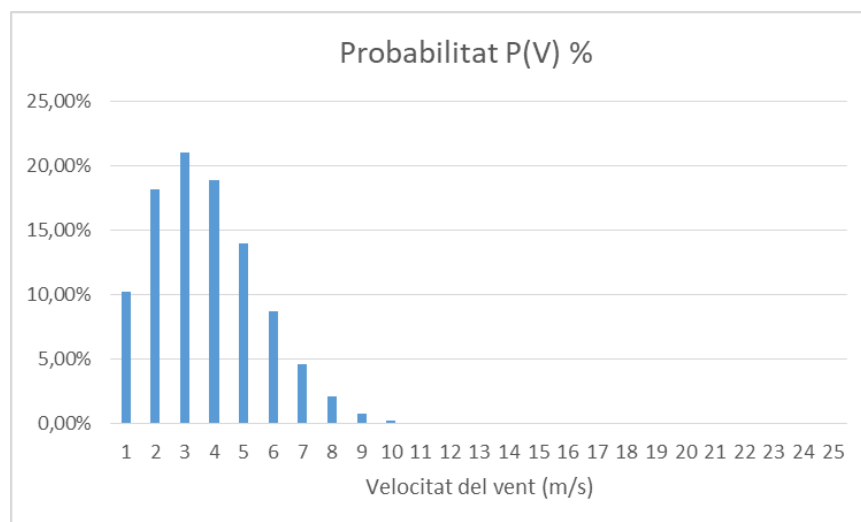
On:

$P(V)$ = la probabilitat que es produeixi una velocitat $v(m/s)$

k = Paràmetre de forma de la funció Weibull (m/s)

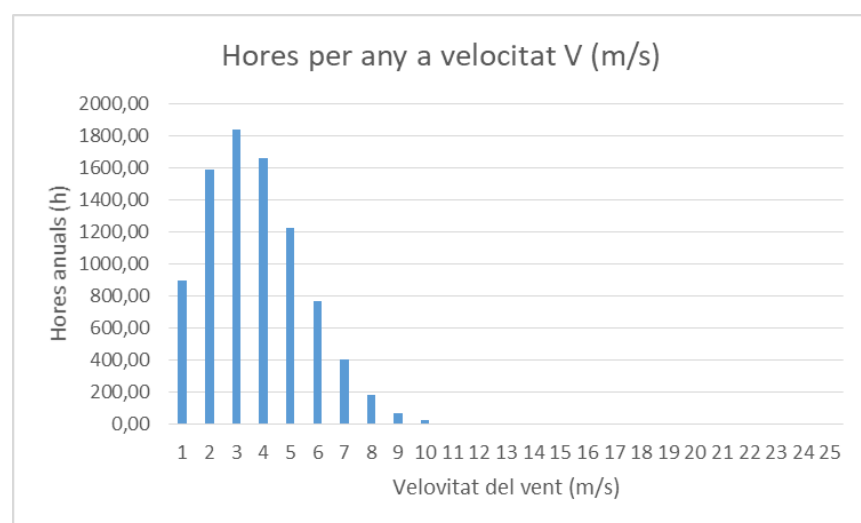
c = Paràmetre d'escala de la funció Weibull (m/s)

Realitzant aquest càlcul per a les velocitats de vent compreses entre $[1, 25]$ m/s , s'obté el següent gràfic que mostra la probabilitat d'obtenir una velocitat de vent determinada al llarg d'un any.



Gràfic 32: Probabilitat de tenir certa velocitat de vent en (m/s) al llarg de l'any a 80m d'altura Font: Elaboració pròpia

Multiplicant aquests probabilitat per la quantitat d'hores que té un any (8760h) s'obtenen les hores anuals a la que es té una certa velocitat de vent.



Gràfic 33: Hores anuals probables de de tenir certa velocitat de vent en (m/s) al llarg de l'any a 80m d'altura Font: Elaboració pròpia

En la taula 12 es pot observar com la major part del temps, a la localitat de Castellbisbal és més probable obtenir velocitats baixes compreses entre els 2-4 m/s.

Taula 12: Distribució de la probabilitat i hores de vent anuals a certa velocitat

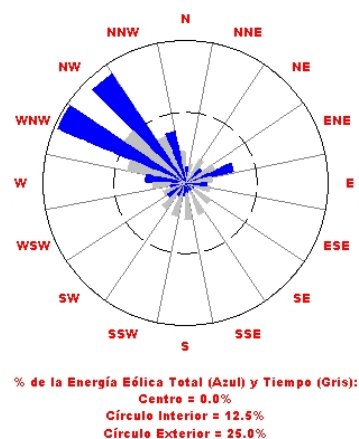
V m/s	Hores anuals	Probabilitat (%)
1	897,32	10,24%
2	1592,50	18,18%
3	1842,37	21,03%
4	1660,11	18,95%
5	1230,19	14,04%
6	767,44	8,76%
7	407,86	4,66%
8	185,90	2,12%
9	72,96	0,83%
10	24,72	0,28%
11	7,24	0,08%
12	1,84	0,02%
13	0,40	0,00%
14	0,08	0,00%
15	0,01	0,00%
16	0,00	0,00%
17	0,00	0,00%
18	0,00	0,00%
19	0,00	0,00%
20	0,00	0,00%
21	0,00	0,00%
22	0,00	0,00%
23	0,00	0,00%
24	0,00	0,00%
25	0,00	0,00%

K=	2,068
C=	4,17

En l'aplicació *Atlaseolico* també proporciona informació de la freqüència de les diferents direccions del vent i la velocitat en que es solen produir.

Taula 13: Freqüència, velocitat i potència del vent a Castellbisbal

Direcció	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s)	Potencia (%)
N	5.48	3.015	2.78
NNE	3.44	2.778	1.4
NE	4.74	3.373	3.41
ENE	5.65	4.19	8.65
E	4.67	3.38	3.76
ESE	4.38	2.821	1.75
SE	5.2	2.635	1.47
SSE	5.99	2.679	1.78
S	6.38	2.825	2.23
SSW	6.02	2.913	2.49
SW	5.64	3.311	3.69
WSW	4.21	3.296	2.7
W	5.79	3.946	7.07
WNW	10.4	5.081	24.38
NW	13.02	4.719	23.13
NNW	8.98	4.011	9.32



Gràfic 34: Freqüència de les diferents direccions del vent a Castellbisbal Font: Atlaseolico

En la taula 13 i el gràfic 34, s'observa que el vent d'aquesta zona sol provenir del NW-WNW i s'haurà de tenir en compte en la col·locació de la instal·lació del generador eòlic.

Els aerogeneradors elèctrics tenen un rang de funcionament limitat segons la velocitat del vent, per exemple els grans aerogeneradors amb altures de 100 m o més, tenen un rang de funcionament entre 3 – 25 m/s i s'ha de tenir present que les velocitats del vent a prop dels edificis es reduïda ja que els diferents elements arquitectònics dificulten el lliure pas del vent tal i com s'ha observat en les dades anteriors.

Per tant amb tota aquesta informació caldrà escollir un aerogenerador domèstic optimitzat per treballar a baixes velocitat i extreure'n així la màxima energia possible.

4.6. Estudi energètic

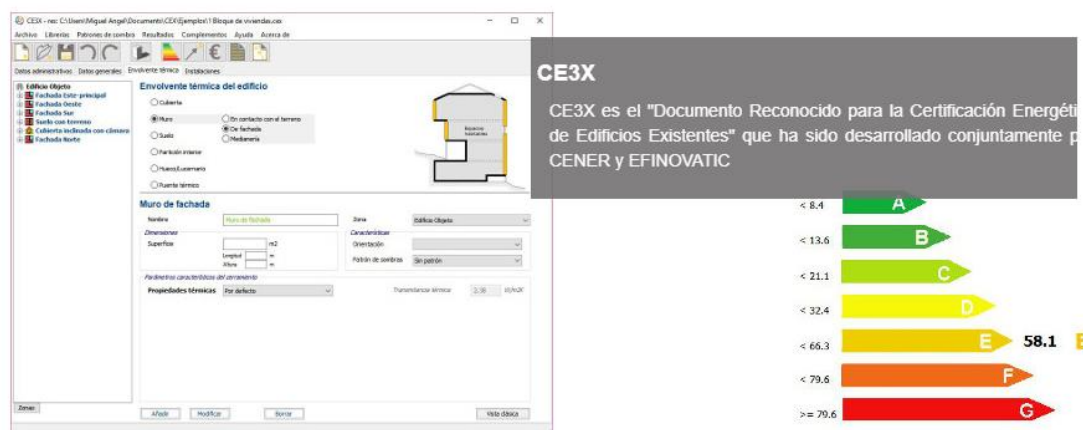
En aquest apartat mitjançant eines de certificació energètica, es podrà conèixer quines són les necessitats energètiques de l'habitatge. Amb els resultats obtinguts es podrà determinar quines actuacions es poden realitzar per millorar l'eficiència energètica del edifici i aproximar-lo el màxim possible a un edifici ZEB o nZEB.

Cal recordar que en el redisseny de l'edifici, es mantindrà el disseny original i les distribucions internes del edifici existent. Únicament es modificaran els aïllaments necessaris, les instal·lacions existents per fer-les més eficients i es dissenyaran les instal·lacions de generació amb energies renovables que actualment no existeixen en l'edifici, modificant les parts de la teulada que es necessiti per optimitzar el màxim aquestes instal·lacions. D'aquesta manera es podrà realitzar una comparació directe entre els edificis i estudiar-ne la viabilitat.

En cas contrari, si es modifiqués completament el disseny de l'edifici no es podria fer aquesta comparació ja que l'edifici existent i el redissenyat serien massa diferents entre ells i no tindria sentit comparar-los.

La certificació energètica tal i com s'ha explicat en apartats anteriors, serveix per conèixer els consums energètics i emissions de contaminants de CO₂ en kWh/m²·any i KgCO₂/m²·any respectivament. Realitzant aquesta certificació pels dos edificis (l'existent i el redissenyat), es podrà comparar quina millora energètica s'ha obtingut i posteriorment calcular la rendibilitat de la inversió realitzada.

El programa utilitzat en aquest projecte és el CE3X per la seva facilitat d'ús i exactitud en el càlcul. És un programa desenvolupat per Einnovatic i el "*Centro Nacional de Energías Renovables*" (CENER). El programa és propietat de L'IDAE ("*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*") de lliure distribució i acceptat pels Registres de les Comunitats Autònomes per emetre les certificacions d'eficiència energètica de tot tipus d'edificis.



Imatge 55: programa CE3X es el "Documento Reconocido para la certificación energética de los Edificios Existentes" Font: www.efinova.es/CE3X

Per la realització de la certificació s'han aportat al programa la informació requerida per tal de realitzar els càlculs pertinents. Bàsicament la introducció de les dades consta de 4 passos: dades administratives, dades generals, envoltant tèrmica i instal·lacions.

A continuació es mostra la informació introduïda en les diferents pantalles del programa. (La definició completa de tots els elements es troba en l'annex D).

1. Dades administratives

En aquesta part s'aporta informació de caràcter general que no afecta als càlculs per a la certificació energètica però que són necessaris per localitzar i identificar l'edifici, així com les dades de la persona que encarrega la certificació i el tècnic certificador.

Tot i que es podria haver deixat sense emplenar ja que no afecta als resultats obtinguts, per tal de fer la certificació el més realista possible s'opta per introduir les dades sol·licitades més destacables.

Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio

Edifici existent objecte d'estudi

Dirección

Carrer Sant Francesc nº6

Provincia/Ciudad autónoma

Barcelona

Localidad

Otro

Código Postal

08755

Referencia Catastral

4919703DF1941N0001QF

+

Castellbisbal

Datos del cliente

Nombre o razón social

Treball de fi de grau: Estudi de viabilitat i disseny de les instal·lacions d'un edifici d'energia zero

Dirección

Carrer Sant Francesc nº6

Provincia/Ciudad autónoma

Barcelona

Localidad

Castellbisbal

Código Postal

08755

Teléfono

E-mail

Datos del técnico certificador

Nombre y Apellidos

Jordi Martínez Rovira

Razón social

I

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma

Localidad

Código Postal

Teléfono

E-mail

Titulación habilitante según normativa vigente

Graduat en enginyeria elèctrica

NIF

CIF

Imatge 56: Introducció de les dades administratives en el programa CE3X

2. Dades generals

S'introdueix l'any de construcció de l'edifici, en aquest cas al datar de l'any 2007 segueix la normativa NBE-CT-79. També s'introdueixen la superfície útil de l'habitatge, altura lliure de les plantes (2,7m) i nombre de plantes habitables (4).

En quan el consum diari d'ACS, segons el que estableix la taula 4.1 del DB-HE4, en un habitatge li correspon un consum de 28 litres · persona i dia, per tant al estar ocupat normalment per 4 persones, l'edifici té un consum de 112l d'ACS al dia.

Taula 14: Taula 4.1 Del DB-HE4 del CTE 2013, referent al consum d'ACS

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona

Com a valor de renovació de l'aire interior de l'habitatge, s'introdueix un valor de 0 ja que no existeix cap sistema encarregat de renovar l'aire interior, sempre es realitza de forma manual obrint les finestres. En quan la massa de les particions internes, s'escull un valor mig corresponent a una massa aproximada de 200-500 Kg/m².

Tal i com s'especifica en l'apartat 4.4 (situació geogràfica i climatologia), l'edifici pertany a la zona climàtica C2 i a la zona de radiació climàtica III, segons els criteris de classificació establerts en el DB-HE1 i DB-HE4 del CTE2013.

No es disposa d'informació referent a la realització de cap assaig d'estanqueïtat, per lo que es deixa la casella sense marcar.

Datos generales

Normativa vigente: NBE-CT-79 ? Año construcción: 2007

Tipo de edificio: Unifamiliar

Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona Localidad: Otro Zona climática: C2 HE-1 HE-4 III

Castellbisbal

Definición edificio

Superficie útil habitable: 187.91 m2

Altura libre de planta: 2.7 m

Número de plantas habitables: 4

Ventilación del inmueble: 0 ren/h

Demanda diaria de ACS: 112 l/día

Masa de las particiones internas: Media

☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio





Imagen edificio



Plano situación

Imatge 57: Introducció de les dades generals en el programa CE3X

3. Envolupant tèrmica

En aquesta part s'ha de realitzar la definició dels diferents elements que componen a la envolupant tèrmica de l'edifici. Per poder introduir aquestes dades, en l'apartat 4.3 d'aquest projecte, s'ha realitzat un anàlisi dels materials que componen la envolupant tèrmica de l'edifici i on s'utilitzen.

Per a la definició dels diferents elements que formen l'envolupant tèrmica, s'ha consultat l'apartat 4.3 del manual d'usuari del programa CE3X, en el que es defineixen els diferents components possibles que formen part de l'envolupant tèrmica. Seguint aquest manual, en el diagrama 1 es pot observar els diferents components de l'envolupant tèrmica que formen part de l'edifici existent (marcats en vermell) i que s'han introduït en el programa.

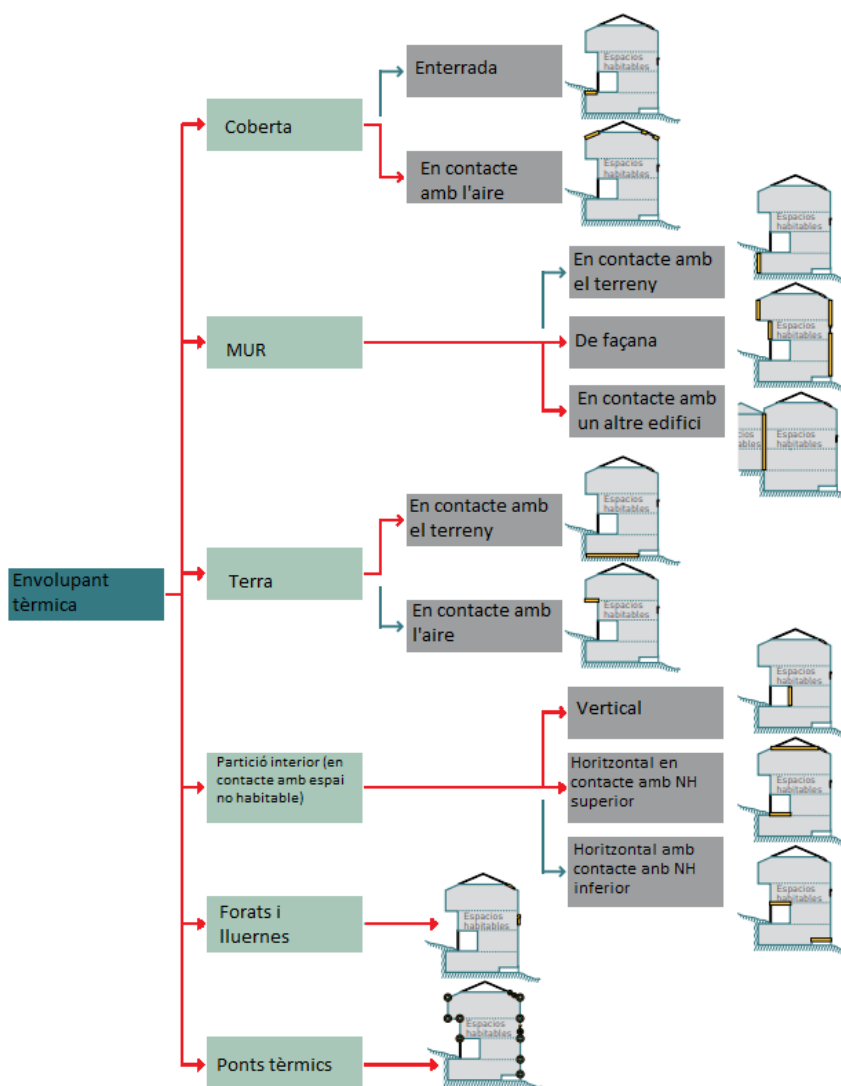


Diagrama 1: Diagrama que mostra en vermell els diferents elements que componen l'envolupant tèrmica de l'edifici actual.
Font: elaboració pròpia a partir del manual d'usuari del programa CE3X

L'envolupant tèrmica de l'edifici es compona per:

- Una coberta en contacte amb l'aire.
- Dos façanes (murs) amb orientació nord i sud.
- Dos murs laterals en contacte amb altres edificis.
- Terra en contacte amb el terreny.
- Dos particions interiors en contacte amb espais no habitables que corresponen a la terrassa 1 i 2.
- Diferents forats formats per 10 marcs de finestres.
- Diferents ponts tèrmics.

Tot seguit es realitza l'explicació de les dades introduïdes per definir cada un dels elements que componen l'edifici. Cal remarcar que les transmissibilitats tèrmiques i la massa per m^2 d'alguns elements que formen l'envolupant, s'han obtingut de la memòria disponible de l'habitatge actual i que en aquest

treball es recullen en la taula 15. La resta de dades s'han calculat de forma automàtica seguint les instruccions dels programa.

Totes les mesures introduïdes en el programa s'han extret dels planós d'elaboració pròpia de l'habitatge actual, per lo que podria haver alguna petita desviació entre les longituds introduïdes i les reals.

A. Definició de la coberta

La coberta de l'habitatge actual és una coberta en contacte amb l'aire, amb una superfície de 61,42 m². La transmitància tèrmica de la coberta li correspon un coeficient de conductivitat tèrmica de K³⁷=0,55 kcal/m²h°C, per poder-lo introduir en les unitats acceptades pel programa (W/m²k) s'ha d'aplicar el factor de conversió definit en la fórmula 2 i s'obté K=0,63965 W/m²k. La massa/m² de la coberta és de 180 Kg/m².

$$1 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ}C} = \frac{4.18 \cdot 10^3 J}{1 Kcal} \cdot \frac{1 h}{3600 s} = 1,161 \frac{W}{m^2 k} \quad (2)$$

The screenshot shows the 'Envoltant tèrmica del edifici' (Building Thermal Envelope) configuration window. On the left, a tree view lists building components: 'Edificio Objeto', 'Façana principal C/Sant Franc', 'Façana secundaria', 'Mur lateral 1', 'Mur lateral 2', 'Coberta' (highlighted), 'Terra en contacte amb el terra', 'Partició interior vertical corres', 'Partició interior superior terra', and 'Partició interior superior terra'. The main area is titled 'Cubierta en contacto con el aire' (Roof in contact with air). It includes fields for 'Nombre' (Coberta), 'Zona' (Edificio Objeto), 'Superficie' (61,42 m²), 'Longitud' (13,5 m), and 'Anchura' (4,55 m). The 'Características' section shows 'Patrón de sombras' (Sin patrón). The 'Parámetros característicos del cerramiento' (Closing characteristic parameters) section has a dropdown for 'Propiedades térmicas' (Conocidas) and fields for 'Transmitancia térmica' (0,64 W/m²K), 'Masa/m²' (180 kg/m²), and 'Librería cerramientos'. A 3D model of the building is shown on the right, with the roof highlighted in yellow.

Imatge 58: Definició de la coberta en el programa CE3X

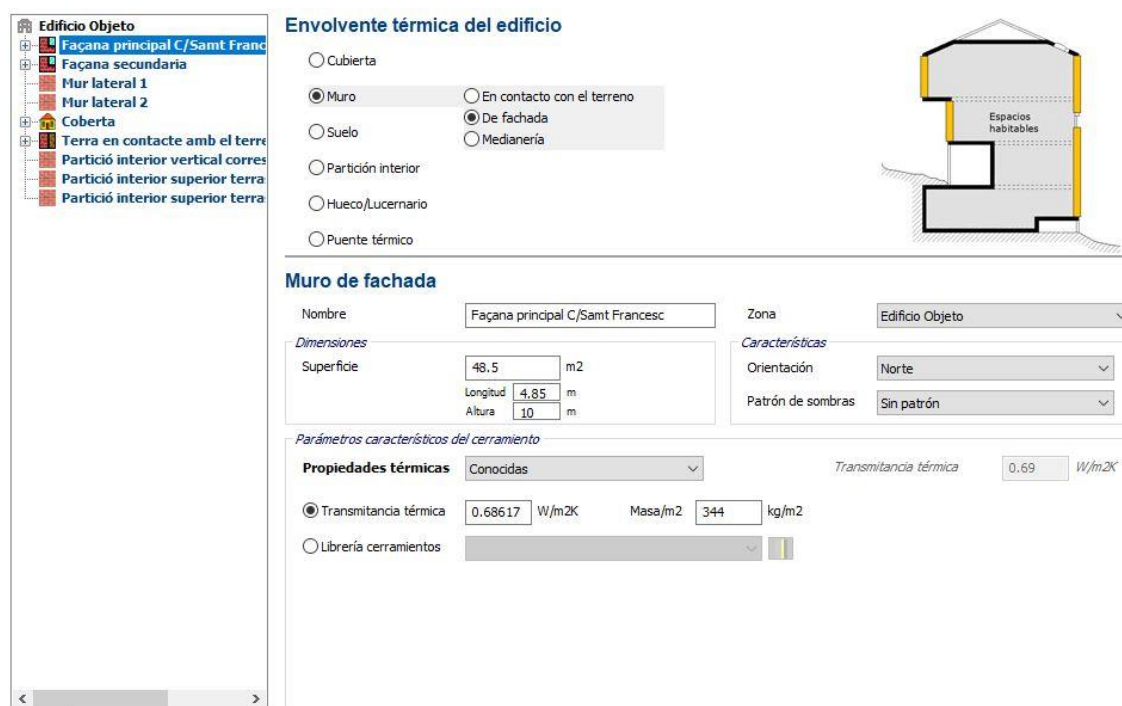
³⁷ Factor de conductivitat tèrmica que expressa la quantitat de calor o flux de calor que passa a través d'una superfície.

B. Definició de les façanes

L'edifici es compon de dos façanes, una que s'anomena principal, que dona al carrer Sant Francesc, i la secundària que dona al jardí. Tal i com s'explicava en l'apartat 4.3, les façanes estan compostes per una paret formada per maons perforats i maons foradats, formant una cambra d'aire amb un revestiment aïllant d'espuma de poliuretà.

Seguint el procediment marcat en el manual CE3X, l'envolupant de la façana principal s'ha definit com a mur de tipus façana i s'introdueix la seva superfície $48,5\text{m}^2$, transmitància tèrmica $k=0,68617$, massa/m² = 344Kg/m^2 i orientació Nord.

La façana secundària es té exactament els mateixos valors de superfície, transmitància i massa/m², únicament canvia la orientació, Sud.



Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundària
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta

☒ Muro ☐ En contacto con el terreno

☐ Suelo ☒ De fachada

☐ Partición interior ☐ Medianería

☐ Hueco/Lucernario

☐ Puente térmico

Muro de fachada

Nombre: Façana principal C/Samt Franc Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 48.5 m²

Longitud: 4.85 m

Altura: 10 m

Características

Orientación: Norte

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas

Transmitancia térmica: 0.68617 W/m²K

Masa/m²: 344 kg/m²

☒ Transmisión térmica

☐ Librería cerramientos

Imatge 59: Definició de les façanes: façana principal carrer Sant Francesc (orientació Nord) i façana secundària (orientació Sud) al jardí.

C. Definició de les parets laterals

L'edifici al estar situat entre mitjaneres, les parets laterals es troben en contacte amb altres edificis, per lo que es produirà poca transmissió calorífica. En aquest cas les dues parets laterals es definiran exactament igual coma murs mitjaners amb una superfície de $227,5\text{m}^2$ i amb una massa/ m^2 superior o igual a $200\text{Kg}/\text{m}^2$.

Imatge 60: Definició de les parets laterals

D. Definició del terra en contacte amb el terreny

El terra en contacte amb el terreny, es defineix com a tal en el programa amb una superfície de $110,09\text{m}^2$. En aquest cas no es disposen dades de conductivitat tèrmica així que es deixa la transmissió tèrmica per defecte definida pel programa $K=1.0\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ amb una profunditat igual o inferior a $0,5\text{m}$.

Imatge 61: Definició del terra en contacte amb la superfície

E. Definició de les particions interiors

L'edifici es compon per dos terrasses, lo que implica que s'han de definir dues superfícies de tipus partició interior i horitzontals en contacte amb l'aire. Per a la seva definició, s'han d'introduir les superfícies: 17,9m² per la terrassa 1 i 16,6m² per la terrassa 2, transmitància tèrmica $k = 0.76758 \text{ W/m}^2$ i seleccionar tipus d'espai no habitable per les dues terrasses.

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corresponent**
- Partició interior superior terrassa 1**
- Partició interior superior terrassa 2

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta

☐ Muro

☐ Suelo

☒ Partición interior

☐ Hueco/Lucernario

☐ Puente térmico

☐ Vertical

☒ Horizontal en contacto con espacio NH superior

☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior

Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior

Nombre: Partició interior superior terrassa 1 Zona: Edificio Objeto

Parámetros generales

Superficie de la partición: 17.9 m²

Tipo de espacio no habitable: Otro

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal: Conocidas Transmitancia térmica: 0.76758 W/m²K

Imatge 62: Definició de les particions interiors horitzontals en contacte amb superfície no habitable superior

Per la terrassa 2, s'ha de definir també una partició interior de tipus vertical ja que aquesta no forma part de la façana. Té una superfície de 9.18m² i $k = 0.63965 \text{ W/m}^2$.

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corresponent**
- Partició interior superior terrassa 1
- Partició interior superior terrassa 2

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta

☐ Muro

☐ Suelo

☒ Partición interior

☐ Hueco/Lucernario

☐ Puente térmico

☒ Vertical

☐ Horizontal en contacto con espacio NH superior

☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior

Partición interior vertical

Nombre: Partició interior vertical corresponent Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie de la partición: 9.18 m²

Longitud: 4.37 m

Altura: 2.10 m

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal: Conocidas Transmitancia térmica: 0.63965 W/m²K

Imatge 63 Definició partició vertical corresponent a la terrassa 2

F. Definició dels forats (espais que ocupen les finestres)

La definició dels forats de l'edifici, es correspon als espais que ocupen les finestres de la casa. En total existeixen 10 finestres de diferents mesures ubicats en les següents localitzacions:

- Façana principal: finestres 1, 2 i 3.
- Façana secundària: finestres 4, 5, 6, 7 i 8.
- Coberta: finestres 9 i 10.

Totes les finestres es defineixen de la mateixa manera independentment d'on es situïn. A continuació es mostra un exemple de definició corresponent a la finestra 1, la definició de les altres finestres es troba en l'annex D, amb tots els passos seguits per la definició de l'habitatge en el programa. Les característiques de les finestres es troben definides en la taula 16.

Tal i com s'especifica en l'apartat 4.3, les finestres existents són de doble vidre amb marc metàl·lic amb pont tèrmic de color marró. En el cas de la finestra 1, les seves mesures són 3.35 x 2m formant una superfície de 6.7m² i amb un percentatge de marc del 7.9%. Al tractar-se de marc metàl·lic, la permeabilitat del forat es definirà com poc estanc. El marc al ser de color marró d'intensitat intermitent, el programa li atorga un coeficient d'absortivitat de 0,75. En cap cas es disposa de doble finestra.

Envoltant tèrmic del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 2
 Cerramiento asociado: Façana principal C/Sant Francesc
 Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: 1.7 m
 Altura: 2 m
 Multiplicador: 1
 Superficie: 3.4 m²
 Porcentaje de marco: 10.58 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/m²
 Absortividad del marco: α 0.75
☐ Dispositivo de protección solar
 Patrón de sombras: Sin patrón
☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble
 Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio: 3.3 W/m²K
 g vidrio: 0.75
 U marco: 4.0 W/m²K

Zonas: Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Imatge 64: Exemple de definició de les finestres. Finestra 1

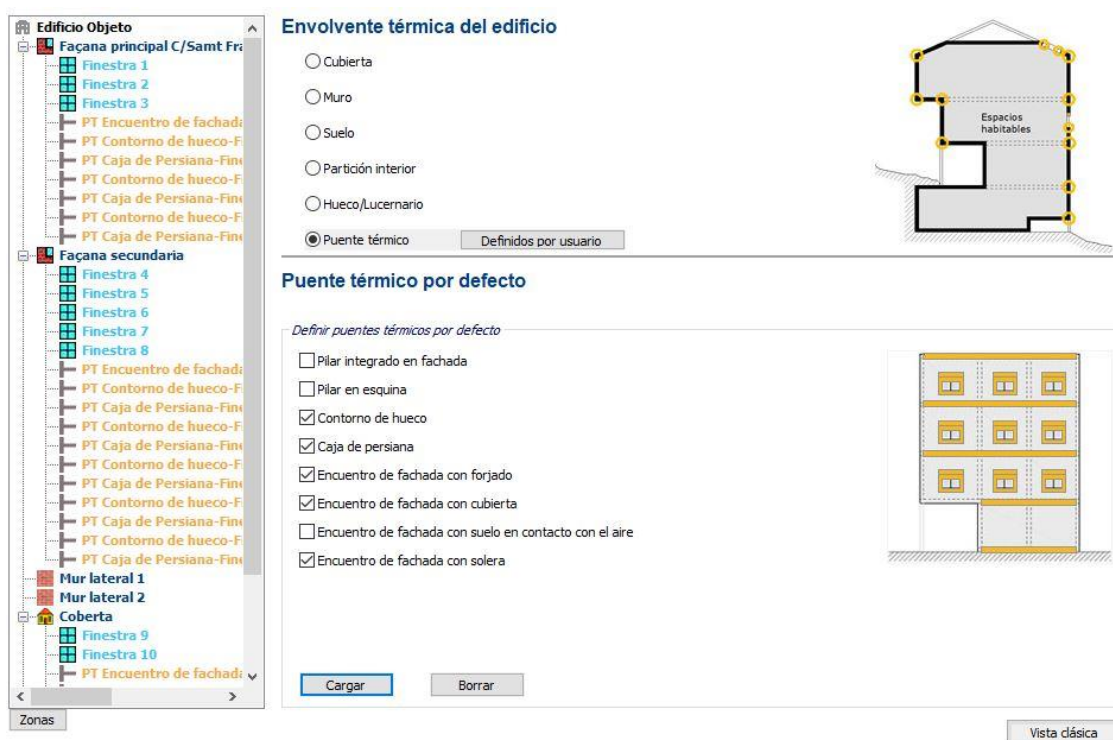
G. Ponts tèrmics

Finalment queda la introducció dels ponts tèrmics, corresponents a aquells elements amb un aïllament inferior a la resta dels aïllaments per on es produeixen més pèrdues energètiques.

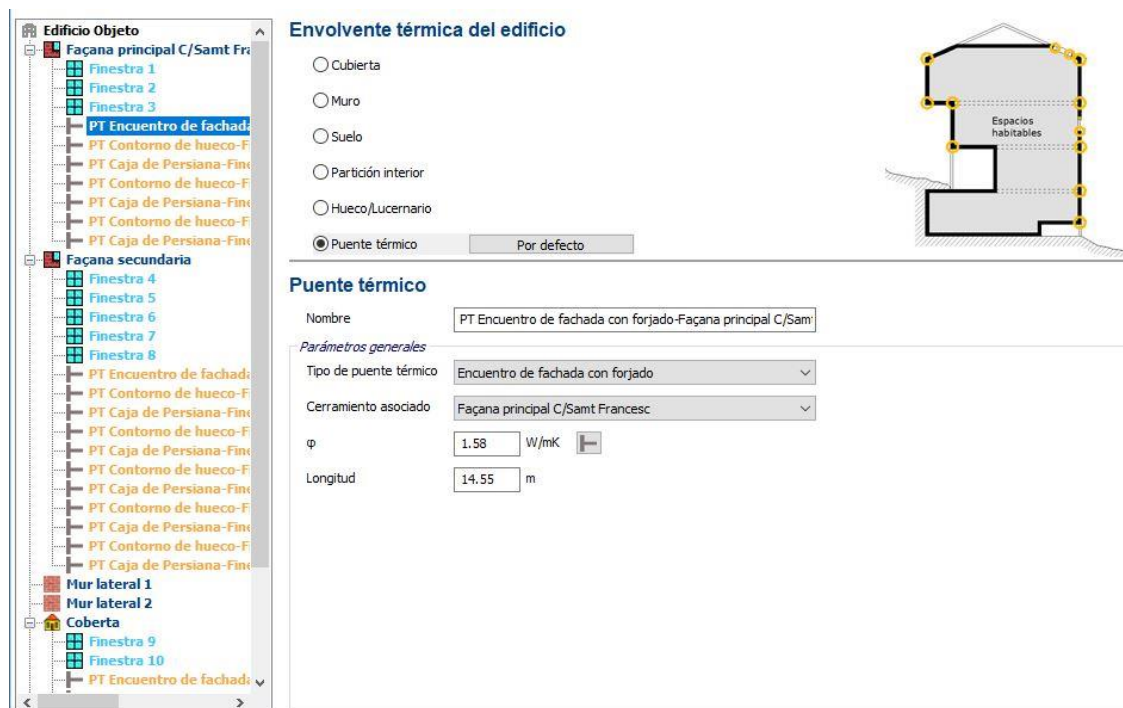
Per la seva definició, s'escullen els diferents ponts tèrmics existents de la llista presentada en el programa:

- Contorn buit
- Caixa de persiana
- Trobada de la façana amb el forjat
- Trobada de la façana amb la coberta
- Trobada de la façana amb la solera

Un cop seleccionats els diferents ponts tèrmics, aquets s'associen a les diferents façanes, coberta, i terra definits anteriorment. Únicament queda revisar-los un per un i comprovar que les mesures associades pel programa són correctes. En tots els ponts tèrmics, el programa defineix la transmitància tèrmica de forma automàtica, al no disposar de dades conegudes es deixen les que calcula el programa.



Imatge 65: Definició dels ponts tèrmics de l'edifici



Imatge 66: Exemple de pont tèrmic de la façana principal.

La resta de definicions de ponts tèrmics, es troba en l'annex D. En les taules 15 i 16, es troba la informació relativa a les conductivitats tèrmiques utilitzades, superfícies i altres dades per la definició de l'habitatge:

Taula 15: transmissibilitats tèrmiques i altres característiques de l'envolupant tèrmica

	Transmissibilitat a tèrmica [W/m ² K]	Massa Kg / m ²	Superfície [m ²]
Coberta	0,63965	180	61,42
Façana nord	0,68617	344	48,5
Façana sud	0,68617	344	48,5
Mur lateral 1	-	>=200	227,5
Mur lateral 2	-	>=200	227,5
Terra en contacte amb el terreny	1	-	110,09
Partició interior superior terrassa 1	0,76758	-	17,9
Partició interior superior terrassa 2	0,63965	-	9,18

Taula 16: transmissibilitats tèrmiques, superfícies i percentatge de marcs de les finestres

	Transmissibilitat tèrmica [W/m ² K]	Superfície finestra [m ²]	Percentatge de marc (%)
Finestra 1	3,30	6,70	7,90
Finestra 2	3,30	2,40	12,91
Finestra 3	3,30	3,40	10,58
Finestra 4	3,30	6,00	8,33
Finestra 5	3,30	2,80	11,78
Finestra 6	3,30	1,45	17,24
Finestra 7	3,30	4,00	9,75
Finestra 8	3,30	5,13	8,77
Finestra 9	3,30	0,76	22,37
Finestra 10	3,30	0,76	22,37

4. Instal·lacions

En aquest apartat cal definir totes aquelles instal·lacions dedicades a cobrir les necessitats energètiques d'ACS, calefacció, refrigeració i aportacions energètiques provinents de fonts d'energia renovables i/o cogeneració.

L'edifici únicament disposa d'instal·lacions dedicades a la generació d'ACS, calefacció i refrigeració, per lo que en aquest cas no s'han de definir instal·lacions d'energies renovables o cogeneració que aportarien una millor qualificació de l'edifici i reducció en l'ús d'energies fòssils i emissions contaminants.

L'habitatge disposa d'una caldera marca Roca, model Laura 30/30F per a la cobrir el 100% de les necessitats d'ACS i calefacció per terra radiant, amb les següents característiques:

Taula 17: Característiques tècniques caldera Roca Laura 30/30F

Caldera ACS i calefacció	
Marca	Roca
Model	Laura 30/30F
Data d'instal·lació	2007
Combustible	Gas natural
Potència màxima	31,25 KW
Rendiment	90.3%
Calssificació NOX	3
Potència elèctrica	200W

Es tracta d'una caldera estanca³⁸ de gas natural de baixa temperatura, per lo que únicament s'aprofita el poder calorífic inferior (PCI³⁹) del combustible, a diferència de les calderes de condensació que mitjançant els condensats dels fums de combustió, poden aprofitar el poder calorífic superior dels combustibles (PCS⁴⁰) oferint rendiments superiors al 100%⁴¹. Per tant aquesta caldera té un rendiment teòric inferior al 100%, en concret és 90,3%, no obstant degut a la seva antiguitat el rendiment mostrat mitjançant un analitzador de fums de combustió⁴², el seu rendiment actual és del 85.6%.

Tal i com es mostra en el gràfic 35, la caldera ha anat perdent eficàcia durant els anys, passant de tenir un rendiment màxim del 93,6% a la primera revisió, a tenir un rendiment actual del 85,6%.

³⁸ Les calderes estanques són aquelles que utilitzen l'aire de l'exterior i no el de l'interior de la estança per a realitzar la combustió.

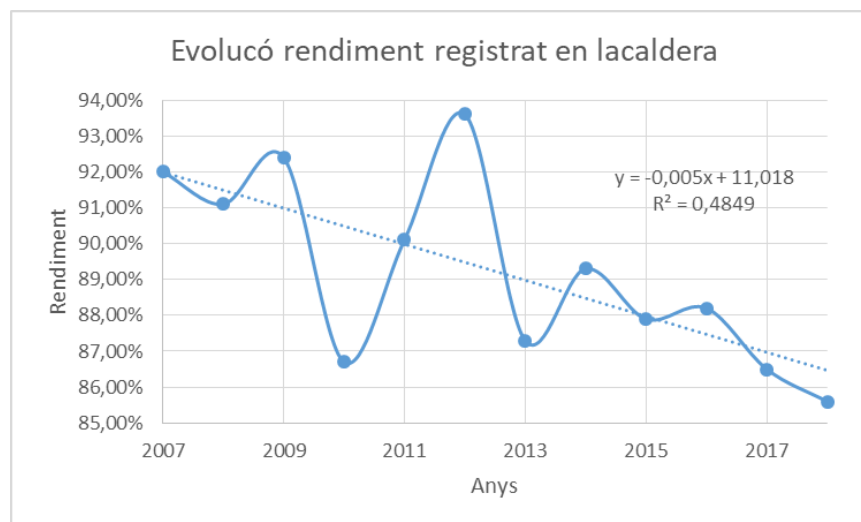
³⁹ El PCI és l'energia calorífica d'una combustió sense tenir en compte el calor latent de la condensació del vapor d'aigua, generat en la combustió.

⁴⁰ El PCS és l'energia calorífica d'una combustió tenint en compte el calor latent de la condensació del vapor d'aigua, generat en la combustió.

⁴¹ Les calderes de condensació poden tenir rendiments molt alts ja que els analitzadors de combustió únicament analitzen fums secs. Aquest donen el rendiment en referència al PCI del combustibles i no del PCI+PCS, per això aquestes calderes donen rendiments superiors al 100%.

⁴² Aparell destinat a l'anàlisi dels fums de combustió i rendiment de la caldera, en concret s'ha utilitzat un analitzador marca Testo model 310.

(Els rendiments mostrats en el gràfic 35 estan subjectes a la precisió dels diferents aparells utilitzats durant les revisions anuals obligatòries, no obstant es veu clarament com el rendiment té tendència a disminuir al llarg del temps).



Gràfic 35: Evolució del rendiment de la caldera Roca Laura 30/30F (2007-2018) Font: elaboració pròpia

En el programa s'ha introduït tota la informació requerida de la caldera, especificant-ne el tipus, rendiment i la superfície en m² que ha de cobrir tant d'ACS com de calefacció, en aquest cas del 100%. L'aïllament s'escull com caldera antiga amb aïllament mitjà, ja que la caldera té una antiguitat superior als 10 anys i es troba instal·lada a l'interior del garatge.

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 F
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsui
- Bomba de calor 5 Menjador 2 F
- Caldera calefacción i ACS**

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☐ Equipo de calefacción y refrigeración

☒ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo mixto de calefacción y ACS

Nombre:
 Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional:

Potencia nominal: kW

Carga media real fcm: ?

Rendimiento de combustión: %

Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción): %

Aislamiento de la caldera:

☐ Con Acumulación

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción
Superficie (m2)	187.91	187.91
Porcentaje (%)	100	100

Imatge 67: definició instal·lació d'ACS i calefacció

Per refrigerar l'edifici, es disposen de 5 equips de bomba de calor tipus Split⁴³ que s'utilitzen únicament durant els dies més calorosos de l'any per a refrigerar les habitacions 1, 2 i 4, la cuina i el menjador número 2. Tot i que aquesta tecnologia permet la producció de calefacció, el terra radiant és suficient per cobrir les necessitats energètiques de la casa durant els mesos de fred.

Els equips tenen les següents característiques:

Taula 18: Característiques tècniques dels equips de climatització

Bomba calor 1: habitació 4		Bomba calor 2: habitació 1		Bomba calor 3: habitació 2	
Marca	Dasitsu	Marca	Panasonic	Marca	Panasonic
Model	DS-12UIDA	Model	CS-UW12GKE	Model	CS-UW12GKE
Data d'instal·lació	2017	Data d'instal·lació	2010	Data d'instal·lació	2010
Combustible	Electricitat	Combustible	Electricitat	Combustible	Electricitat
Potència de refrigeració	3.200 W	Potència de refrigeració	3.300 W	Potència de refrigeració	3.300 W
Potència de calefacció	3.400 W	Potència de calefacció	3.700 W	Potència de calefacció	3.700 W
Consum refrigeració	997 W	Consum refrigeració	1.080 W	Consum refrigeració	1.080 W
Consum Calefacció	942 W	Consum Calefacció	1.060 W	Consum Calefacció	1.060 W
Rendiment refrigeració	320,90%	Rendiment refrigeració	349,10%	Rendiment refrigeració	349,10%
Rendiment Calefacció	360,90%	Rendiment Calefacció	305,50%	Rendiment Calefacció	305,50%
Tecnologia inverter	SI	Tecnologia inverter	NO	Tecnologia inverter	NO

Bomba calor 4: cuina		Bomba calor 5: menjador	
Marca	Mitsubishi	Marca	Fujitsu
Model	DXK12Z3-S	Model	AOYG12LLCE
Data d'instal·lació	2010	Data d'instal·lació	2017
Combustible	Electricitat	Combustible	Electricitat
Potència de refrigeració	3.500 W	Potència de refrigeració	3.400 W
Potència de calefacció	4.000 W	Potència de calefacció	4.000 W
Consum refrigeració	1060 W	Consum refrigeració	1080 W
Consum Calefacció	1.090 W	Consum Calefacció	1.130 W
Rendiment refrigeració	330,10%	Rendiment refrigeració	314,80%
Rendiment Calefacció	366,90%	Rendiment Calefacció	353,90%
Tecnologia inverter	SI	Tecnologia inverter	SI

⁴³ Són els equips formats per una unitat interior instal·lada a la paret i una unitat exterior

Tenint en compte l'ús d'aquet tipus d'instal·lació, s'han introduït les característiques dels diferents equips de climatització en el programa: antiguitat de l'aparell, rendiment (resultat de dividir l'energia produïda entre l'aportada) i la superfície a refrigerar de cada estança. Per especificar el programa que únicament s'utilitzen com a fonts de refrigeració, s'especificarà que l'ús en mode calefacció és del 0% tal i com es mostra en la següent imatge. (La definició de la resta d'equips es pot trobar en l'annex D).

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 T
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsui
- Bomba de calor 5 Menjador 2 F
- Caldera calefacción i ACS

Instal·lacions del edifici

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☒ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre: Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu

Zona: Edificio Objeto

Características

Tipo de generador: Bomba de Calor

Tipo de combustible: Electricidad

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	0.0	16.93
Porcentaje (%)	0	9.01

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación

Antigüedad del equipo: Posterior a 2013

	Rendimiento nominal	Rendimiento medio estacional
Calefacción	360.9 %	235.7 %
Refrigeración	320.9 %	221.0 %

Zonas: < >

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

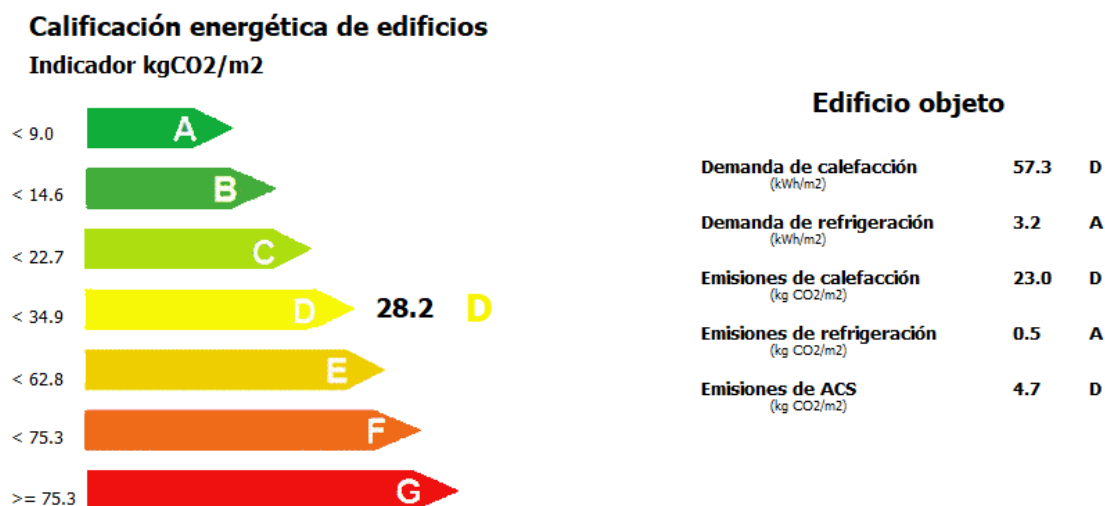
Imatge 68: definició de les instal·lacions de climatització, bomba de calor

S'ha tenir en compte que les instal·lacions actuals que proporcionen refrigeració i calefacció a l'habitatge, requereixen un manteniment adequat i constant per evitar perill per a les persones i pel medi ambient. Cal destacar que tots els equips funcionen amb aproximadament 1Kg de gas refrigerant R410A amb un potencial d'escalfament global (GWP) de 2.087,5 és a dir, 1kg de gas R410A equival a 2.087,5 Kg de CO₂. També cal tenir precaució amb la caldera que funciona amb gas natural que té un potencial d'escalfament global de 24 si no és cremat.

Sens dubte les instal·lacions seran un dels apartats a redissenyar, per a fer-les més eficients i menys contaminants.

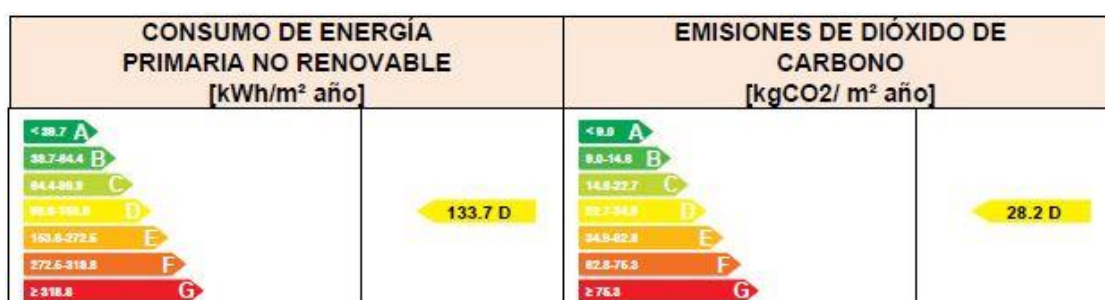
5. Qualificació energètica

Un cop definides totes les instal·lacions, el programa ja disposa de la informació suficient per avaluar les necessitats energètiques de l'edifici i atorgar una qualificació de la A a la G, sent la A la més eficient i amb menors emissions de CO₂ i la G la menys eficient i més emissions emet.



Imatge 69: Qualificació atorgada pel programa CE3X a l'edifici actual

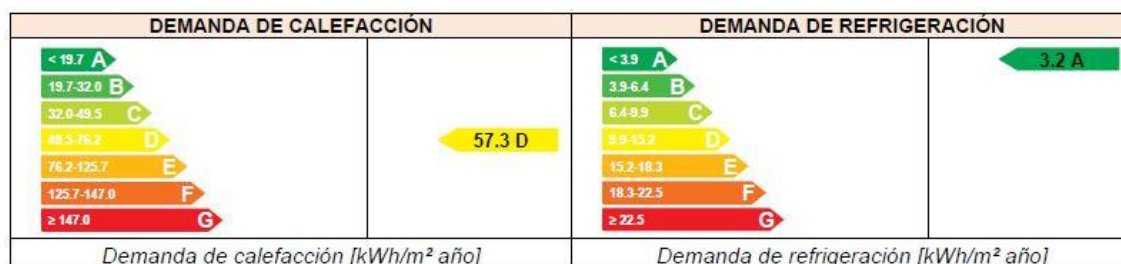
Tal i com es pot observar en la imatge 69, la qualificació atorgada pel programa a l'edifici actual és D. Es troba exactament dintre de la mitjana energètica dels edificis segons els criteris considerats actualment, amb unes emissions de CO₂ de 28,2 Kg CO₂/ m²any i un consum energètic de 133.7⁴⁴ kWh/m² any, tal i com es pot observar la imatge 68 de l'informe generat de la certificació energètica.



Imatge 70: Consum energètic en kWh/CO₂ / m² any i emissions de CO₂ / m² any de l'edifici actual

⁴⁴ Consum d'energia primari no renovable consumida per l'edifici sense patir processos de conversió o transformació

Com es pot observar en l'informe generat pel programa i disponible en l'annex E, l'habitatge és troba dintre de la mitjana d'edificis, tan en el que fa respecte el consum energètic com les emissions de CO₂. La demanda energètica de calefacció és força elevada 57,3 kWh/m² any amb unes emissions per calefacció i demanda d'ACS qualificades com a D. Això indica que caldrà millorar els aïllaments per reduir les necessitats de calefacció de l'edifici i utilitzar un altre tipus d'instal·lació més eficient per a la generació de calefacció i ACS.



Imatge 71: necessitats energètiques de calefacció i refrigeració en kWh/CO₂ / m² any

Cal destacar que la demanda de refrigeració de l'habitatge és poc elevada i s'obté una qualificació de A, per lo que en el disseny del nou edifici no caldrà posar-hi tant d'èmfasi.

	kgCO ₂ /m² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	0.49	92.81
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	27.69	5202.58

Imatge 72: Emissions de CO₂ estimades per consum elèctric i altres combustibles

També es pot observar una estimació de les emissions de CO₂ generades pel consum elèctric i l'ús d'altres combustibles (gas natural). La major part d'aquestes emissions provenen de l'ús del gas natural en les instal·lacions de calefacció i ACS, mentre que l'electricitat suposa una emissió de només 92,81Kg de CO₂ /any respecte el gas natural amb 5202,58 Kg de CO₂ /any. Cal remarcar que aquets resultats són orientatius ja que caldria estudiar amb més exactitud en apartats posteriors quins són els consums energètics reals de l'edifici i la generació de CO₂ per kW del mixt energètic de l'electricitat consumida.

Tot i això si s'aconsegueix cobrir les necessitats energètiques de l'edifici amb l'ús d'energies renovables, ja es pot començar a entreveure el beneficis mediambientals que tindria, amb un estalvi de 5295,39 Kg de CO₂ cada any aproximadament segons el programa CE3X.

4.7. Consum energètic real de l'edifici

En l'apartat anterior s'han utilitzat eines per calcular quines són les necessitats energètiques del habitatge, no obstant a través de l'estudi de les factures recopilades, es pot analitzar quin és el consum real de l'edifici i mirar quina desviació es produeix entre els resultats calculats i els reals.

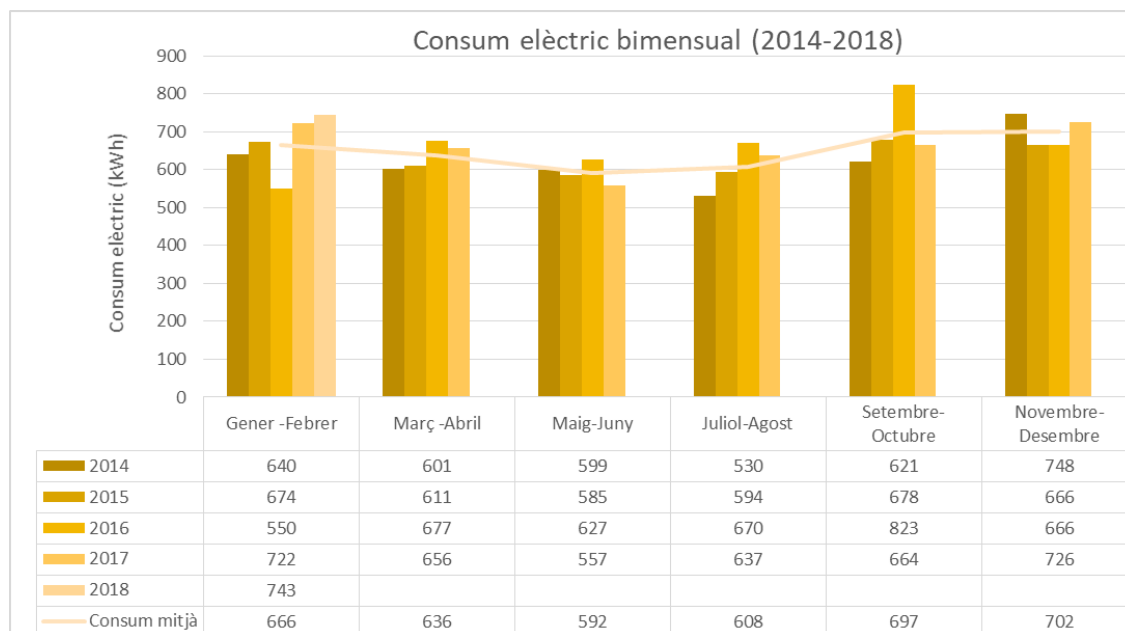
Els consums analitzats són: electricitat, gas natural i aigua. Tot i que en els edificis l'aigua consumida no és utilitzada com a font d'energia i el seu major o menor ús no es contempla en la definició d'edifici ZEB o nZEB, és interessant analitzar-ne el seu consum.

S'ha de tenir en compte que indirectament la companyia subministradora utilitza energia per potabilitzar i transportar l'aigua als edificis, per lo que el seu ús responsable reduirà la despesa energètica indirecte de l'edifici, també cal tenir present que amb el canvi climàtic aquest recurs esdevé cada cop més escàs. Sobretot al nostre territori on les sequeres són cada vegada més freqüents i duradores.

En tots els casos s'han extret els consums de les factures bimensuals recopilades en el període comprés entre 2014-2018, en la que només es mostren els consums acumulats en períodes de 60 dies. En el cas concret de l'electricitat es disposa de comptador intel·ligent, capaç de recopilar els consums horaris les 24h del dia i disponibles en la pàgina web d'Endesa clients. Gràcies a aquestes dades, es podrà realitzar un anàlisi més detallat i concret de l'ús d'aquesta energia.

4.7.1. Consum elèctric

L'electricitat és l'energia més versàtil utilitzada en l'edifici, s'encarrega d'alimentar tots els electrodomèstics, aparells electrònics, il·luminació... a l'edifici.



Gràfic 36: Consum elèctric bimensual en kWh durant el període (2014-2018). Font elaboració pròpia

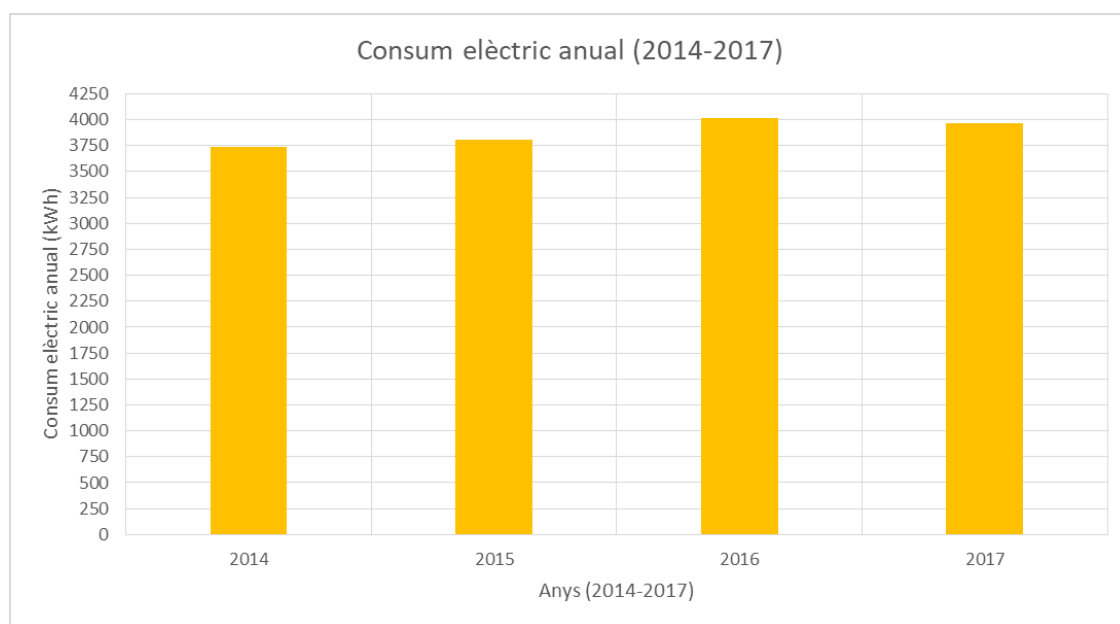
En el gràfic 36, es poden observar els consums bimensuals registrats en els anys compresos entre 2014-2018. Tot i que el consum es força constant durant tot l'any, es poden identificar els períodes de major i menor demanda energètica.

Els mesos de novembre-desembre, es registra el major consum mig de tots els mesos de l'any. Això es pot explicar degut a:

- Augment de l'ús de la il·luminació artificial per la reducció d'hores de llum natural durant l'hivern.
- Augment del consum elèctric de la caldera i sistema hidràulic associat per fer funcionar el sistema de calefacció.
- L'ús puntual dels sistemes de climatització (bombes de calor) en els dies més freds de l'any per evitar l'increment de consum energètic de la caldera, sent aquest un sistema molt menys eficient que les bombes de calor.
- Augment de l'ús dels dispositius electrònics (Tv, ordinadors, consoles...) al estar més hores dintre l'habitatge.

En canvi els mesos compresos entre el maig – juny, es registra el consum elèctric més petit. Això es pot explicar degut a:

- Reducció en l'ús de llum artificial per la major quantitat d'hores amb llum natural a l'estiu.
- El sistema de calefacció no consumeix electricitat al estar apagat.
- Disminució de l'ús dels dispositius electrònics (Tv, ordinadors, consoles...) al estar més hores fora de l'habitatge.



Gràfic 37: Consum elèctric anual en kWh (2014-2017) Font: elaboració pròpia

Taula 19: Consum elèctric anual en kWh (2014-2017) Font: elaboració pròpia

Any (2014-2017)	2014	2015	2016	2017
Consum anual (kWh)	3739	3808	4013	3962

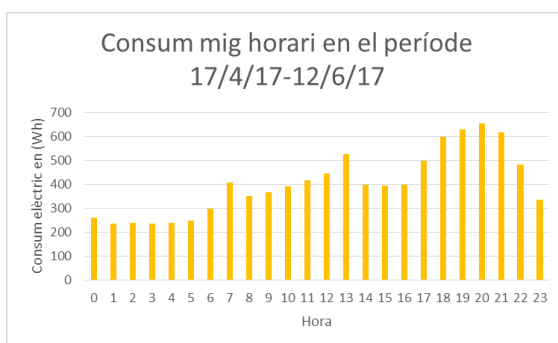
En el gràfic anterior, es pot observar com el consum al llarg dels 4 últims anys és força constant amb una diferència entre el any de més i menys consum de 274 kWh. Aquesta petita diferència indica que els hàbits de consum de les persones que habiten en l'edifici és constant.

La casa al disposar de comptador intel·ligent, en la web d'Endesa clients⁴⁵ es troben disponibles els consums horaris de l'últim any, per lo que es pot realitzar un anàlisi més detallat del perfil de consum de l'habitatge cada hora.

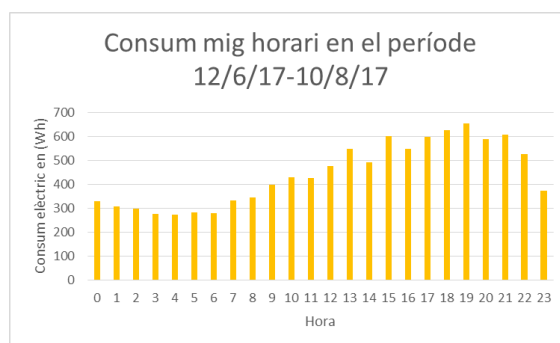
⁴⁵ <https://www.endesaclientes.com>

Les dades disponibles en el moment de realitzar aquest anàlisi, compren el període 17/4/17 – 17/4/18, que és l'últim any en que es disposen d'aquestes dades.

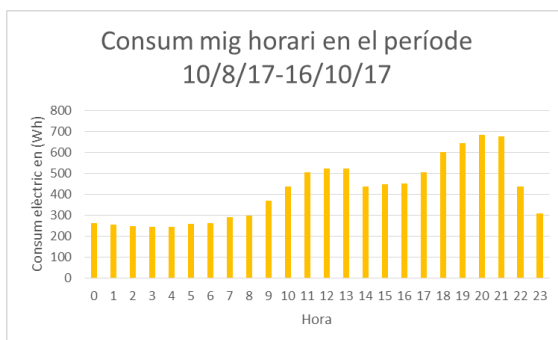
A continuació es mostren 6 gràfics que recullen la mitjana de consum en cada una de les 24h que disposa el dia, en períodes bimensuals coincidint amb les factures. Aquests gràfics s'obtenen sumant els consums de la mateixa franja horària de cada dia en que s'agrupen els períodes i es divideix el resultat pel número de dies del període. D'aquesta forma s'obtenen les mitjanes de consum horari en cadascun dels períodes.



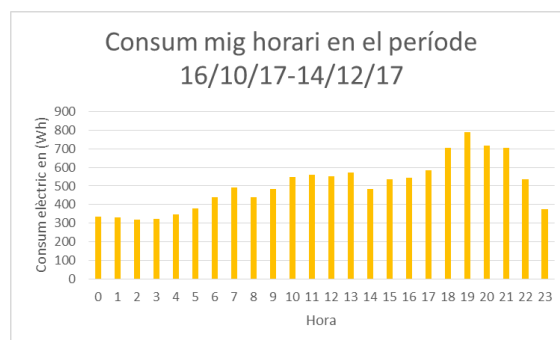
Gràfic 43: Consum mig horari (Wh) 17/4/17-12/6/17



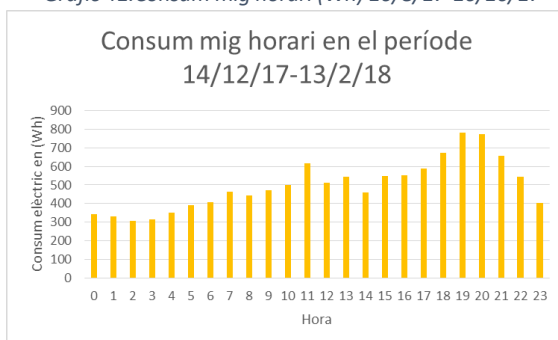
Gràfic 42: Consum mig horari (Wh) 12/6/17-10/8/17



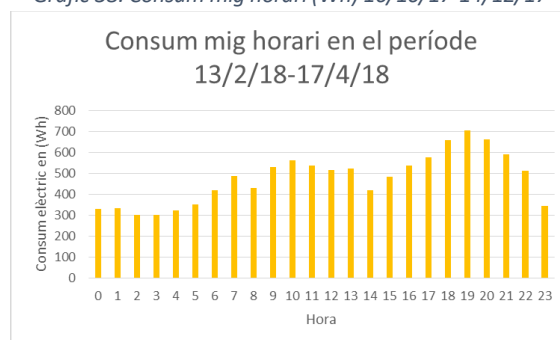
Gràfic 41: Consum mig horari (Wh) 10/8/17-16/10/17



Gràfic 38: Consum mig horari (Wh) 16/10/17-14/12/17

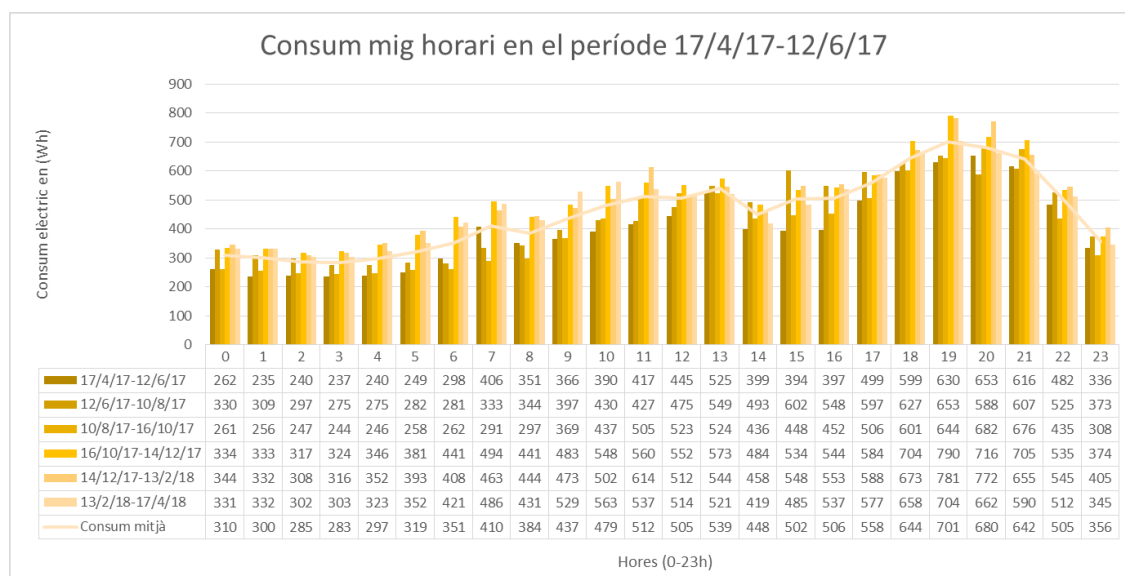


Gràfic 40: Consum mig horari (Wh) 14/12/17-13/2/18



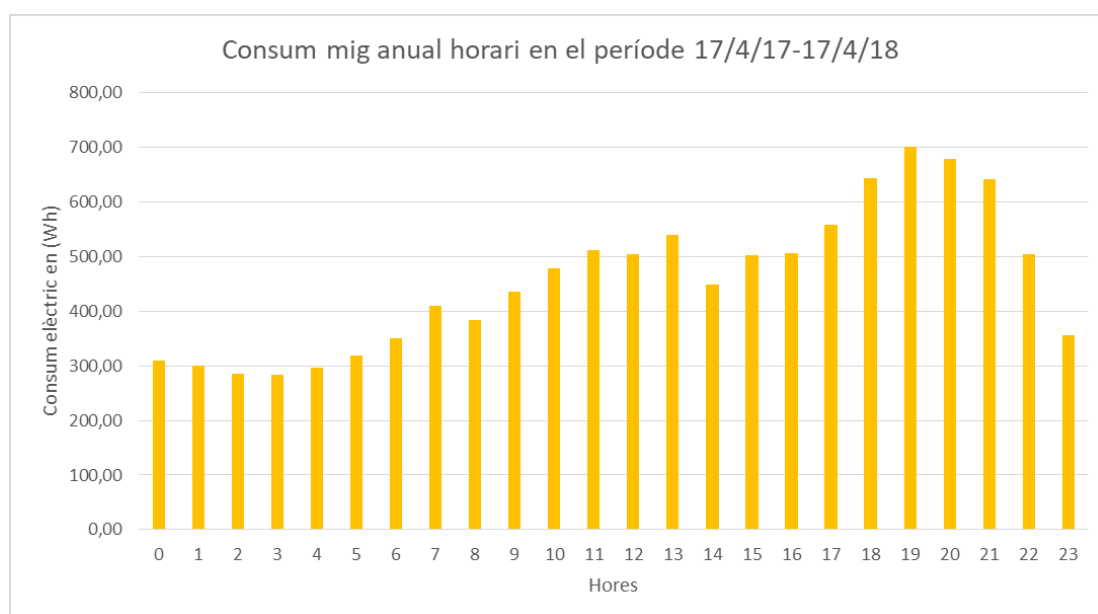
Gràfic 39: Consum mig horari (Wh) 13/2/18-17/4/18

Veient els anteriors gràfics s'observa que el perfil de consum horari és pràcticament idèntic en tots els períodes, tal i com es pot observar a continuació si superposem els gràfics anteriors.



Gràfic 44: Consums horaris en (Wh) dels diferents períodes compresos entre el 17/4/17 - 12/6/17 Font: Elaboració pròpia a partir de les dades registrades per Endesa

En el gràfic 44, es veu clarament com al llarg del període anual (17/4/17-12/6/17), el perfil del consum horari és pràcticament idèntic superposant els consums dels diferents períodes d'aquest interval temporal.

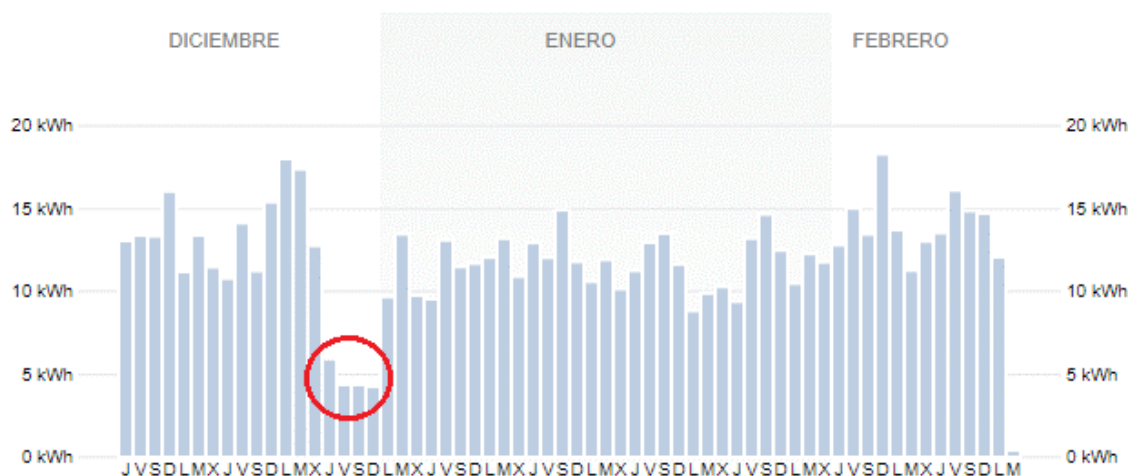


Gràfic 45: Detall del consum mig d'electricitat en (Wh) del període 17/4/17-12/6/17. Font: elaboració pròpia a partir de les dades registrades per Endesa

Observant el gràfic 45, es pot observar quin sol ser el consum mig cada hora (24h):

- Durant les hores de nit (0-6h), no es produeix consum per activitat humana. El consum mostrat correspon als aparells connectats en mode espera dels electrodomèstics i diferents aparells electrònics.
- A partir de les 6h, comença a augmentar el consum ja que s'inicia l'activitat de les persones que habiten a l'edifici.
- A l'hora de dinar (14h), es produeix una davallada de consum, ja que tots els membres es troben reunits en una mateixa habitació menjant.
- Després de les 14h, es va incrementant de nou el consum fins arribar al pic més gran durant tot el dia (19h), en aquest moment tots els membres de la família es troben normalment en l'habitatge realitzant activitats que impliquen un consum elèctric.
- Finalment entre les (19-23h), el consum torna a decreixer a mesura que els membres de la família es van retirant a dormir.

També és interessant observar com gràcies a les dades disponibles al web d'Endesa, es pot conèixer el consum mínim d'electricitat que es produeix en l'edifici pel simple fet de tenir electrodomèstics i aparells electrònics endollats.



Gràfic 46: Consum en període vacacional en kWh Font: elaboració pròpia a partir de les dades registrades per Endesa

En el gràfic 46, en vermell, es mostra el consum elèctric en kWh de l'edifici en un període festiu sense presència d'habitants, lo que implica que aquesta energia és l'energia mínima consumida diàriament

sense fer ús directe de cap aparell elèctric. Aquesta energia es troba al voltant dels 4,5kWh que representa un 41,1% de l'energia mitja consumida diàriament. Per reduir aquesta xifra, seria convenient revisar la necessitat real de tenir certs aparells endollats a la xarxa elèctrica constantment i substituir els aparells més antics com neveres i congeladors per altres més nous amb menor consum.

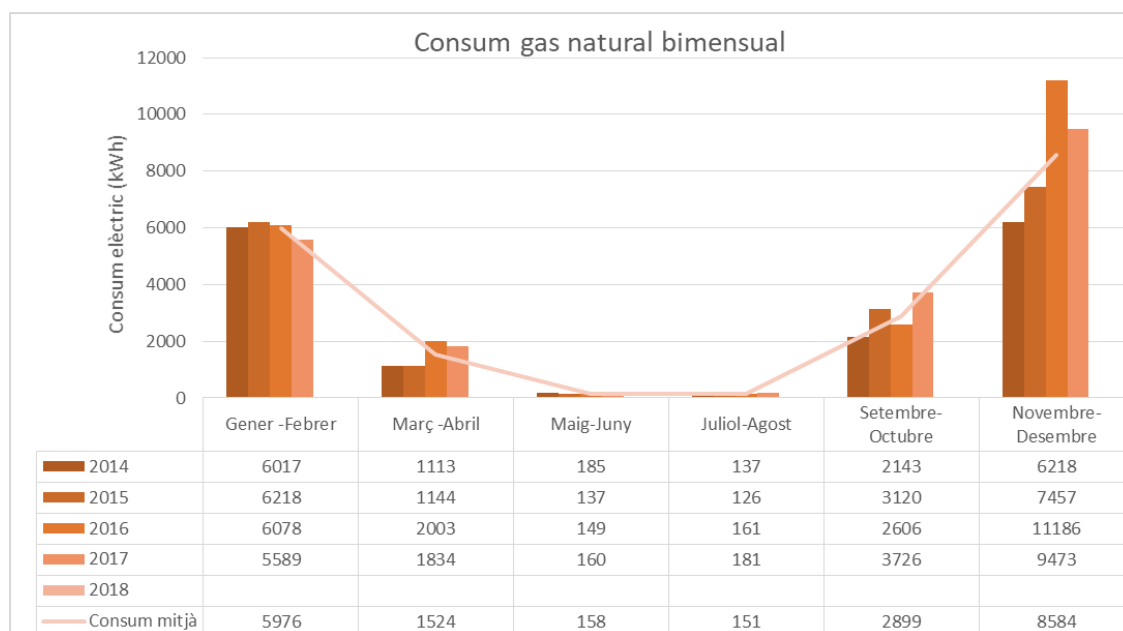
Amb l'anàlisi del consum elèctric realitzat, s'obté la informació necessària per a dissenyar i dimensionar aquelles instal·lacions destinades a la generació d'energia elèctrica a partir de fonts d'energies renovables.

De forma orientativa, si es volgués cobrir les necessitats energètiques actuals d'electricitat de l'edifici, s'hauria de dissenyar una instal·lació capaç de generar com a mínim al voltant del 4.000 kWh anuals d'electricitat per cobrir el 100% de l'energia elèctrica actualment consumida, tenint en compte que en els gràfics 44-45 s'obté un consum mig diari de 10,95kWh d'electricitat. A més a més s'hauria d'introduir algun sistema d'emmagatzematge d'energia ja que les hores de major consum elèctric no solen coincidir amb les de generació elèctrica si considerem una instal·lació solar fotovoltaica.

En apartats posteriors es realitzarà l'estudi i disseny de les instal·lacions de generació d'energia elèctrica mitjançant fonts d'energies renovables.

4.7.2. Consum de gas natural

En l'edifici, el gas natural és utilitzat principalment per la caldera amb la finalitat de generar ACS i calefacció. De forma secundària també s'utilitza en els fogons de la cuina per cuinar.

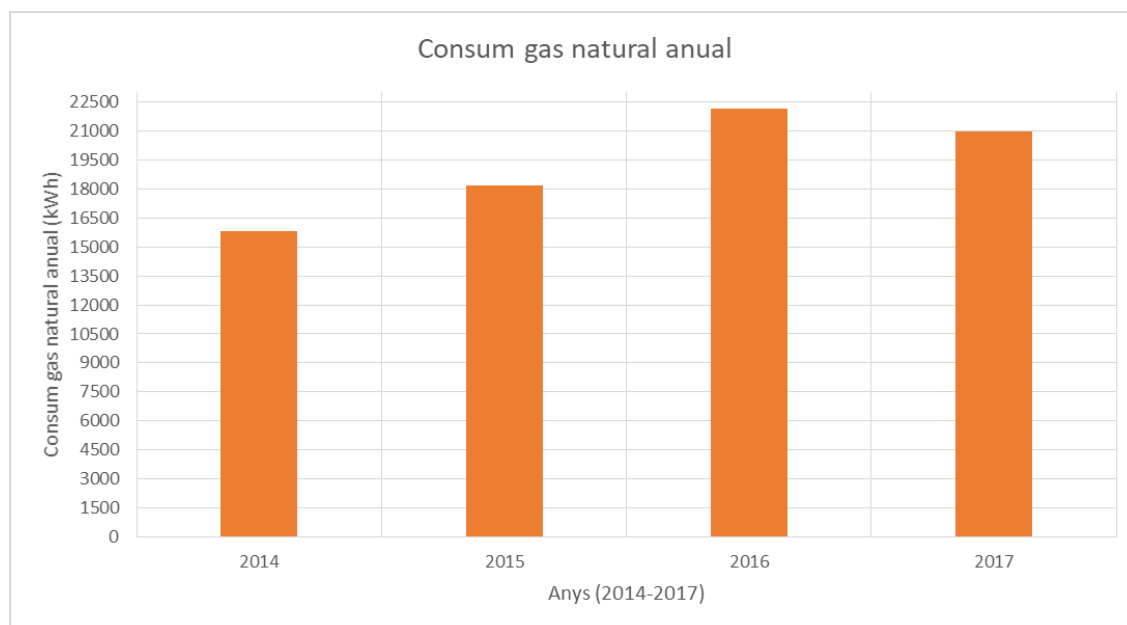


Gràfic 47: Consum de gas natural bimensual en kWh durant el (2014-2018) Font: elaboració pròpia

En el gràfic 47, es poden observar els consums bimensuals registrats en els anys compresos entre 2014-2018. En aquest es pot observar clarament 2 períodes de consum molt diferenciats:

- Durant els mesos de fred del setembre fins el març, es realitza un gran consum de gas natural degut al funcionament de la instal·lació de calefacció. Els mesos amb més consum durant tot l'any són els compresos entre novembre i desembre, coincidint amb la època més freda de l'any i per tant la que major demanda tèrmica es produeix.
- La resta de l'any, l'augment de les temperatures exteriors provoca la desactivació del sistema de calefacció per lo que únicament es consumeix el gas necessari per generar ACS i cuinar.

És evident que la instal·lació de calefacció, té un gran pes en el consum energètic de l'habitatge, ja que es requereix molta energia per mantenir una temperatura de confort de 21°C, donant consums molt elevats al cap de l'any.



Gràfic 48: Consum de gas natural anual en kWh (2014-2017) Font: elaboració pròpia

Taula 20: Consum de gas natural anual en kWh (2014-2017) Font: elaboració pròpia

Any (2014-2017)	2014	2015	2016	2017
Consum anual (kWh)	15813	18202	22183	20963

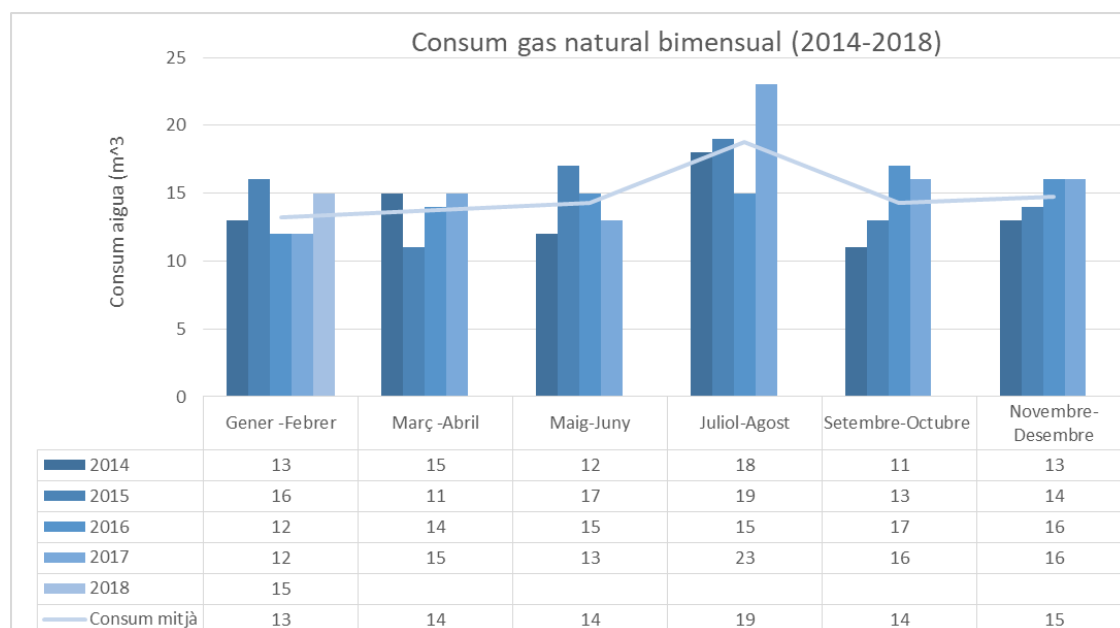
En el gràfic 48, es pot observar com el consum de gas natural s'ha anat incrementant respecte el 2014. Això es pot atribuir a la reducció en el rendiment de la caldera i al haver sofert els últims anys hiverns cada cop més freds i llargs.

Comparant les taules 19 i 20, s'observa que el consum energètic en gas natural és molt superior al de l'electricitat, gairebé 4 vegades més. No obstant aquesta font d'energia és molt econòmica amb un preu de tan sols 0,054€/kWh en front els 0,171 €/kWh de l'electricitat (preus fixats en contracte).

És evident que la competitivitat d'aquest combustible és molt elevat, però s'ha de tenir en compte que es tracta d'una font d'energia no renovable i que el seu ús produeix de forma directe emissions contaminants. En el disseny de l'edifici nZEB, s'haurà d'intentar reduir les necessitats tèrmiques per tal de poder trobar un sistema de calefacció alternatiu més eficient i respectuós amb el medi ambient.

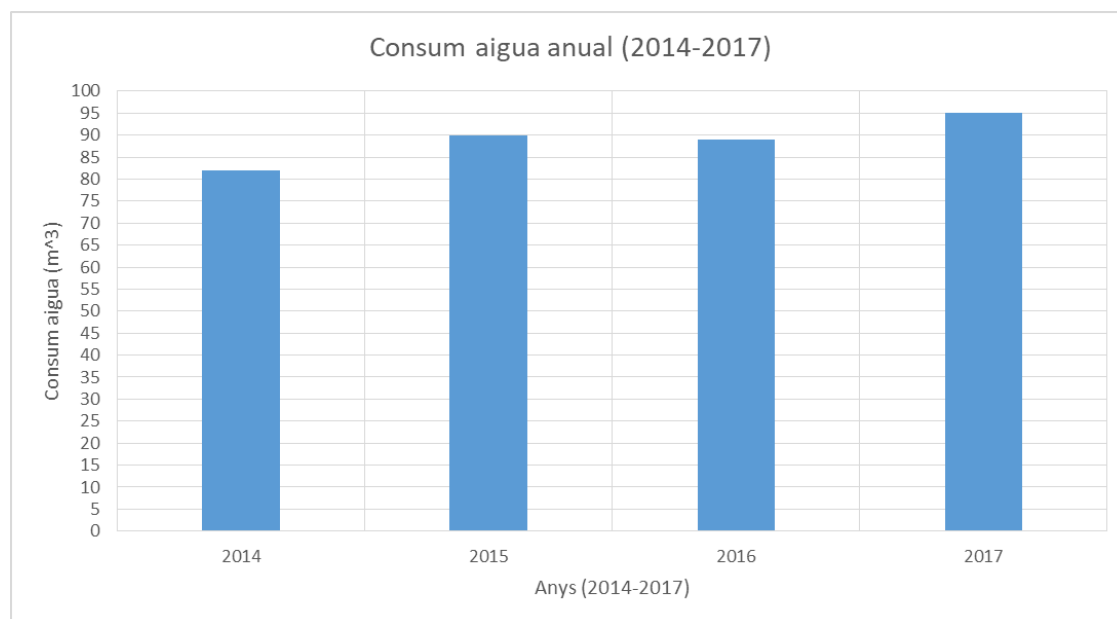
4.7.3. Consum d'aigua

Com ja s'ha dit anteriorment, l'aigua no és utilitzada com a font energètica en l'habitatge ni tampoc es considera el seu major o menor ús en la definició de ZEB o nZEB. Tot i això, resulta interessant analitzar-ne el seu consum.



Gràfic 49: Consum d'aigua bimensual en m³ durant el període (2014-2018) Font: elaboració pròpia

En el gràfic anterior, s'observa com el consum d'aigua és força constant durant tot l'any, sent el període amb més consum els mesos de juliol i agost, degut fonamentalment a les elevades temperatures assolides durant l'estiu que provoquen un major consum d'aigua i a elevar la freqüència de reg en el jardí.



Gràfic 50: Consum d'aigua anual en m³ (2014-2017) Font: elaboració pròpia

Taula 21: Consum d'aigua anual en m³ (2014-2017) Font: elaboració pròpia

Any (2014-2017)	2014	2015	2016	2017
Consum anual (m³)	82	90	89	95

Tal i com ja s'observava en el gràfic 50, el consum d'aigua és força estable al llarg dels anys, amb un consum anual situat entre els 80-100 m³ d'aigua. Tenint en compte que en l'habitatge i habiten 4 persones, dona un consum mitjà d'aproximadament 61l d'aigua per persona i dia.

Considerant les últimes estadístiques, el consum mig nacional per persona i dia és de 132l⁴⁶, de 118l a Catalunya i de 113l⁴⁷ a Castellbisbal. Per tant en comparació, el consum d'aigua realitzat és molt inferior a la mitjana de consum que es produeix tant a nivell local com nacional. No obstant això, convindria incloure algun tipus d'instal·lació o mesures per reduir-ne el seu ús el màxim possible. Com per exemple instal·lar dipòsits per recollir l'aigua de la pluja i regar el jardí.

⁴⁶ Nota de premsa INE l'any 2016, titulat "Encuesta sobre el consumo y saneamiento del agua"

⁴⁷ Dada obtinguda de l'Agència Catalana de l'Aigua, Excel "Volum consumit per municipi 2017"

5. Disseny edifici nZEB

En els apartats anteriors, s'ha pogut comprendre quin és l'estat actual de crisi energètica i ambiental del planeta, s'ha definit i analitzat que s'entén per edificis ZEB o nZEB, característiques, classificació, tipus... i la seva importància per combatre l'ús desmesurat d'energia i emissions contaminants que patim actualment, gràcies a que aquest tipus d'edificis es caracteritzen per la seva alta eficiència energètica i ús d'energies renovables.

També s'ha realitzat un estudi en detall de l'actual edifici situat en la localitat de Castellbisbal el qual es fa servir de base en aquest projecte, s'ha descrit la tipologia de l'edifici, materials de l'envolupant tèrmica, instal·lacions, consums energètics...

Amb tot aquest anàlisi realitzat, en aquest apartat es descriuran un seguit d'accions a aplicar en l'edifici existent per tal de disminuir les necessitats energètiques de l'edifici i emissions contaminants, fins assolir aquells nivells considerants com a edifici nZEB. Al no existir encara una definició a l'estat espanyol d'edifici nZEB, s'intentaran reduir els consums fins els proposats en la següent proposta nZEB extret del quadern pràctic nº11 titulat "Edificis de consum d'energia gairebé zero" elaborat per la Generalitat de Catalunya.

Taula 22: Valors límit de demanda i consum energètic del CTE de 2006, 2013 i proposta per als edificis nZEB (pendent d'aprovació). Font: Edificis de consum d'energia gairebé zero" elaborat per la Generalitat de Catalunya.

		CTE 2006		CTE 2013		nZEB (Pendent d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Límit de demanda energètica (kWh/m² any)	Calefacció	No definit		20 + 1000/S*	Estalvi del 25% demanda referència	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració			15		<15	
HE0. Límit de consum energètic (kWh/m² any)		No definit		50 + 1500/S*	Classe B	Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmica ACS**	≥30%	≥30%	≥40%	≥40%	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici

Aquestes mesures de millora s'aplicaran en els elements que formen l'envolupant tèrmica i a les instal·lacions de l'edifici, substituint les existents per unes més eficients i menys contaminants. A més a més es dissenyaran instal·lacions capaces de proporcionar i obtenir energia a partir de fonts renovables que es desenvoluparan en apartats posteriors on també es compararan els consums energètics obtinguts i emissions contaminants de l'edifici base i l'edifici millorat per estudiar-ne els beneficis (econòmics, energètics i mediambientals) obtinguts si l'edifici base hagués estat un nZEB.

5.1. L'envolupant tèrmica

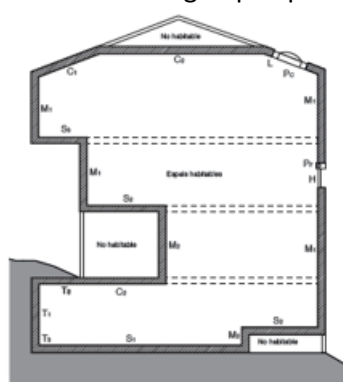
Segons el DB-HE 1 del CTE, l'envolupant tèrmica d'un edifici està formada per tots els tancaments que limiten els espais habitables amb l'exterior i també les particions interiors que limiten els espais habitables i no habitables amb l'exterior.

Per tant podríem dir que l'envolupant tèrmica, és la “pell” que aïlla l'interior de l'edifici, de les condicions climatològiques exteriors i permet mantenir unes condicions de confort adequades pel desenvolupament de la vida humana en el seu interior.

L'envolupant tèrmica és uns dels elements més importants que determinen el consum energètic dels edificis, cal recordar que segons la UE el 40% de l'energia consumida a Europa correspon als edificis i d'aquesta energia, entre el 60% - 40% es destina a mantenir unes condicions adequades de confort a l'interior (calefacció i refrigeració).

Cal esmentar que no va ser fins el 1979, amb el Reial Decret 2479/1979, de 6 de juliol, que es va aprovar la Norma Bàsica d'Edificació NBE-CT/79, sobre condicions tèrmiques dels edificis en la qual s'establien mesures d'estalvi energètic i altres aspectes tèrmics en l'envolupant dels edificis. Abans d'aquesta data, els edificis es dissenyaven i construïen sense exigències tèrmiques ni tampoc es feien controls dels materials aïllants utilitzats en la construcció, per lo que molts dels edificis existents són autèntics devoradors d'energia. Actualment el CTE (Codi tècnic de l'Edificació) aprovat per Reial decret 314/2006 de 17 de març, és una de les normatives a seguir que estableix els criteris que limiten les necessitats energètiques dels edificis i el RITE (Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels edificis) aprovat per Reial decret 1027/2007, de 20 de juliol, estableix les condicions que han de complir les instal·lacions tèrmiques dels edificis.

L'envolupant tèrmica dels edificis esta formada per: les façanes i patis interiors , cobertes, finestres, els terres en contacte o no amb el terreny o l'aire, les parets mitjaneres, els murs en contacte amb altres edificis o terrenys... Depenent dels materials utilitzats i de la seva continuïtat en tot l'edifici, les necessitats energètiques per a mantenir les condicions de confort exigides poden ser majors o menors.



Tancaments i particions interiors	Components de l'envolupant	
Cobertes	C ₁	En contacte amb l'aire
	C ₂	En contacte amb un espai no habitable
	P _C	Pont contorn de claraboia > 0,5 m ²
	L	Claraboies
Façanes	M ₁	Mur en contacte amb l'aire
	M ₂	Mur en contacte amb espai no habitable
	PF ₁	Pont tèrmic (contorn d'obertures > 0,5 m ²)
	PF ₂	Pont tèrmic (pilars en façana > 0,5 m ²)
	PF ₃	Pont tèrmic (caixa de persianes > 0,5 m ²)
	H	Obertures
Terres	S ₁	Recoberts sobre al terrany
	S ₂	En contacte amb espai no habitables
	S ₃	En contacte amb l'aire exterior
Tancaments en contacte amb el terrany	T ₁	Murs en contacte amb el terrany
	T ₂	Cobertes enterrades
	T ₃	Terres amb una profunditat > 0,5 m

Imatge 73: Diferents parts de l'envolupant tèrmica Font: Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges, Generalitat de Catalunya

Per tal de reduir el màxim possible el consum dels edificis, en l'envolupant tèrmica s'han d'evitar els anomenats ponts tèrmics, que són zones en les que els aïllaments utilitzats, en comparació amb els aïllaments del voltant, tenen un nivell d'aïllament tèrmic inferior per on es perd energia. En la imatge 74, es poden identificar clarament els ponts tèrmics marcats amb colors groguencs més clars, en aquest cas les finestres són elements amb una conductivitat tèrmica superior a la resta d'elements que formen l'envolupant tèrmica, per les quals es produeix un major intercanvi tèrmic amb l'exterior.



Imatge 74: Fotografia tèrmica d'un edifici. Font: ICAEN

Els materials utilitzats en l'envolupant tèrmica no són sempre els mateixos, canvien segons la localització geogràfica i la zona climàtica a la que pertanyen, per exemple en climes freds es necessiten aïllaments més eficaços o més gruixuts, per contra en ambients càlids és més important equipar els edificis amb cambres ventilades i proteccions solars per no incrementar la temperatura a l'interior de l'edifici.

Els elements que formen l'envolupant tèrmica, es dissenyen per evitar o reduir l'intercanvi d'energia entre l'interior i l'exterior el qual es pot produir de 3 formes:

- **Transferència d'energia tèrmica per conducció:** es transfereix energia tèrmica d'un extrem a un altre del material per moviment atòmic. Per exemple en les façanes de l'edifici quan es produeix una diferència de temperatura entre la superfícies interior i exterior d'aquesta, l'energia tèrmica passa de la superfície amb major temperatura a la superfície amb menor temperatura a través del material amb el que esta construït.
- **Transferència d'energia per convecció:** es transfereix energia tèrmica a través d'un flux de massa (un fluid). Per exemple el vent o l'aigua de la pluja, al impactar sobre les superfícies exteriors de l'edifici (façanes, cobertes, finestres...), es produeix un intercanvi tèrmic de l'element amb major temperatura cap al de menor temperatura.
- **Transferència d'energia tèrmica per radiació:** es transfereix energia a través d'ones electromagnètiques (radiació solar). Els raigs del Sol que impacten sobre la superfície de l'edifici transfereixen energia tèrmica incrementant la seva temperatura.

Quan més eficaços siguin els materials i elements que formen l'envolupant tèrmica, menor serà la quantitat d'energia intercanviada, obtenint així un major confort a l'interior de l'edifici i un menor consum energètic per mantenir unes condicions habitables adequades.

No tots els materials que s'utilitzen per formar l'envolupant tèrmica són iguals i per determinar quin és el més adequat en cada moment, es determina a través de les seves propietats:

- **Conductivitat tèrmica (λ):** defineix la quantitat de calor que passa a través d'una unitat d'àrea d'un material sotmès a una diferència de temperatura entre les dues superfícies del element per unitat de temps, independentment de la seva forma. En el sistema internacional (SI) es mesura en $[W/m \cdot K]$ i quan més petit sigui aquest valor, menys energia es transferirà i millor serà el material aïllant.
- **Resistència tèrmica (R):** defineix la oposició que presenta un material d'un cert gruix per deixar passar un flux de calor. En el Sistema internacional (SI) es mesura en $[m^2 \cdot K / W]$ i es pot calcular com e/λ on (e) és el gruix del material en $[m]$ i (λ) la conductivitat tèrmica $[W/m \cdot K]$. Quan major sigui aquest valor, menor transferència de calor es produeix i millor és l'aïllant.

Per mesurar quina transferència de calor es produeix en els elements de l'envolupant tèrmica formada per diferents materials, s'utilitza la transmitància tèrmica (U) que es defineix com:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_i \dots} \quad (3)$$

On:

U = transmitància tèrmica del element a analitzar $[W/m^2 \cdot K]$

R_T = la resistència tèrmica total del aïllament a analitzar $[m^2 \cdot K / W]$

R_{si} = resistència tèrmica de la superfície interior $[m^2 \cdot K / W]$

R_{se} = resistència tèrmica de la superfície exterior $[m^2 \cdot K / W]$

R_i = resistència tèrmica de cadascun dels materials que formen l'element a analitzar $[m^2 \cdot K / W]$

Quan més petit sigui el valor de la transmitància tèrmica, menor transferència d'energia es produeix i millor aïllament tèrmic ofereix el conjunt de materials escollits.

5.2. Tipus de materials aïllants

Es consideren materials aïllants a tots aquells materials amb una conductivitat tèrmica inferior a $0,060 \text{ W/m K}$ segons l'Estudi tecnològic dels aïllaments tèrmics a Catalunya en l'àmbit de l'edificació. En l'actualitat existeixen una gran multitud de materials aïllants en el mercat que ofereixen diferents propietats, a continuació es presenten alguns dels materials més utilitzats:

(Les conductivitats tèrmiques dels següents materials s'han extret de la "Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética" elaborat per la conselleria d'economia i hisenda de la comunitat de Madrid i de la "Guia de renovació energètica d'edificis d'habitatges" elaborat per la Generalitat de Catalunya. Els valors presentats poden variar segons gruixos i fabricants.)

- Llana de vidre / Llana de roca:** és un producte compost per materials d'origen natural inorgànic (sorra de sílice o roca basàltica) que formen un entramat de filaments on es conté aire en estat immòbil. Aquesta configuració, permet que el material tingui un molt bon comportament com aïllant tèrmic, acústic i contra el foc. Ofereixen una conductivitat tèrmica de $0,033-0,044 \text{ W/m K}$. Són materials que tenen un alt cost energètic en la seva fabricació per lo que el balanç energètic resultant de la seva utilització dependrà del cicle de vida del material utilitzat.



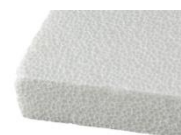
Imatge 75: Llana de vidre

- Poliestirè extruït (XPS):** és un material plàstic derivat del poliestirè de caràcter termoplàstic i d'estructura cel·lular tancada que li proporciona unes excel·lents prestacions enfront a l'absorció d'aigua i com a aïllant tèrmic. Ofereix una conductivitat tèrmica de $0,029-0,036 \text{ W/m K}$.



Imatge 76:
Poliestirè extruït

- Poliestirè expandit (EPS):** és un material plàstic derivat del poliestirè, que es caracteritza per ser molt lleuger i oferir bones propietats com aïllant tèrmic i acústic, que ofereix una conductivitat tèrmica de $0,031-0,047 \text{ W/m K}$.



Imatge 77:
Poliestirè expandit

- Poliuretà conformat en fàbrica (PUR):** és una escuma rígida de poliuretà (PUR) o poliisocianurat (PIR), que presenta els valors més baixos de conductivitat tèrmica en el mercat que va dels $0,025-0,030 \text{ W/m K}$.

- Poliuretà projectat “in situ”:** és un material que es fabrica in situ a partir de la mescla de dos components (Isocianat i polioliol) que origina un material espumós que s'adapta i s'adhereix a les superfícies on s'aplica, oferint un alt nivell d'aïllament tèrmic amb una conductivitat tèrmica de 0,028-0,035 W/m k. Gràcies a la baixa conductivitat tèrmica que ofereix, permet assolir alts nivells d'aïllament amb poc material deixant una major superfície habitable en comparació amb altres aïllaments si s'aplica per l'interior de l'edifici. Aquest material ofereix un balanç positiu pel medi ambient ja que la utilització d'aquest com aïllant permet estalviar fins a 100 vegades l'energia que s'ha utilitzat per fabricar-lo.



Imatge 78: Procés de formació Poliuretà projectat “in situ”

5.3. Proposta de millores en l'envolupant tèrmic de l'edifici

Per tal de millorar el aïllaments de l'edifici, s'haurà de tenir en compte que aquest al situar-se zona climàtica C2, les mesures a prendre i els materials escollits, hauran de complir com a mínim amb les transmissàncies mínimes establertes en el CTE DBH que apareixen en la següent taula.

Taula 23: Transmissàncies límit en la zona climàtica C2 definides en el CTE DB-HE Font: CTE DB-HE1 apèndix D

D.2.10 ZONA CLIMÀTICA C2

Transmissància límit de murs de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmissància límit de suelos	$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmissància límit de cubiertas	$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límit de lucernarios	$F_{Lim}: 0,32$

% de huecos	Transmissància límit de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límit de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

A part de complir amb les transmissàncies exigides per normativa, es pretén realitzar les millores necessàries en l'envolupant tèrmica del edifici per disminuir les necessitats energètiques de l'edifici (calefacció i refrigeració) a nivells iguals o inferiors als valors pendents d'aprovació que definirien un nZEB a l'estat espanyol i que apareixen en la taula 24 d'aquest projecte.

Taula 24: Límits de demanda energètica proposats en els edificis nZEB

		nZEB (Pendent d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Límit de demanda energètica (kWh/m ² any)	Calefacció	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració	<15	
HE0. Límit de consum energètic (kWh/m ² any)		Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmica ACS**	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons ús edifici

Segons aquesta taula, l'objectiu serà reduir les necessitats de l'edifici a 15kWh/m² any en calefacció i refrigeració respectivament per tal de poder considerar l'edifici un nZEB.

Per tal de comprovar si les mesures adaptades han sorgit l'efecte desitjat en quan a la reducció del nivells de consum energètic, s'utilitzarà de nou el programa CE3X. Amb aquest es precedirà a verificar que les mesures aplicades sobre els aïllaments de l'envolupant tèrmica, han sorgit l'efecte desitjat i es compararan els consums energètics en l'edifici abans i després d'aplicar les diferents mesures adoptades sobre l'envolupant tèrmica. Com s'ha dit anteriorment, les mesures a aplicar sobre les instal·lacions i els resultats obtinguts s'analitzaran en l'apartat de disseny de les instal·lacions d'aquest projecte.

Després d'haver analitzat en profunditat en els apartats 4.6 i 4.7 d'aquest projecte les necessitats energètiques i els consums reals de l'edifici, com era d'esperar es determina que la calefacció és la principal font de demanda energètica de l'edifici. Per tant per assolir els objectius establerts en aquest projecte, caldrà millorar l'aïllament tèrmic de l'edifici i reduir-ne les necessitats energètiques actuant bàsicament sobre els següents elements de l'envolupant tèrmica:

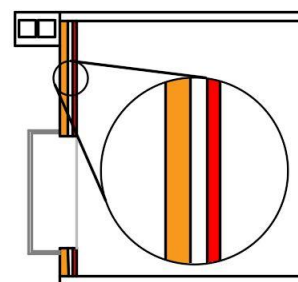
- Façanes principal i posterior.
- Coberta
- Marcs i vidres de les finestres

Actuant sobre aquests elements, s'espera obtenir una reducció significativa del consum energètic en l'edifici iguals o inferiors al 15kWh/m² any en calefacció. En quan a la refrigeració, l'edifici actual té una demanda inferior a 15kWh/m² any per lo que no fa falta aplicar mesures per a la seva reducció.

5.3.1. Millora en façanes

El present edifici consta de dues façanes amb orientacions nord i sud, que tal i com s'ha especificat en l'apartat 4.3 (Materials de l'envolupant tèrmic), esta formada per:

- Un mur de maons perforats decoratius amb 14cm d'ample a la part exterior.
- Una cambra d'aire de 9cm d'ample que incorpora una capa de 2cm de gruix d'espuma de poliuretà
- Un mur de maons perforats de 7cm de gruix



Imatge 79: Composició façana. En taronja maó perforat decoratiu, en blanc cambra d'aire i en vermell maó perforat

En total les façanes tenen un gruix de 30cm amb una transmitància tèrmica segons projecte de $0,68617 \text{ W/m}^2\text{k}$ és a dir $0,69 \text{ W/m}^2\text{k}$ aproximadament.

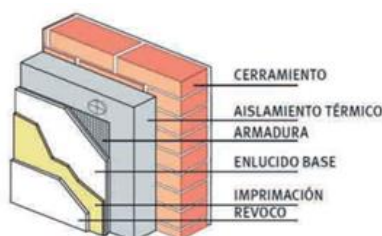
Per tal de disminuir la quantitat d'energia que s'intercanvia a través de les façanes de l'edifici, cal reduir la transmitància tèrmica actual a un valor inferior a la transmitància límit fixada en el CTE 2013 per la zona climàtica C2, $U_{\text{límit}} 0,73 \text{ W/m}^2\text{k}$. Quan més petit sigui el valor de transmitància tèrmica assolit, menor serà la demanda energètica de l'edifici.

Per tal de millorar l'aïllament de les façanes es pot actuar de 3 formes diferents:

- Millorar l'aïllament per la part exterior de la façana
- Millorar l'aïllament per la part interior de l'habitatge
- Millorar l'aïllament de la cambra d'aire de la façana

A continuació s'expliquen els avantatges i inconvenients que presenten cadascuna de les possibles actuacions per avaluar quina és la opció més adequada en l'edifici objecte d'estudi.

Millorar l'aïllament per la part exterior de la façana



Imatge 80: Sistema d'aïllament exterior de la façana (SATE)

També conegut com a sistema SATE (Sistema d'Aïllament Tèrmic, Exterior), consisteix en actuar sobre la part exterior de la façana, substituint els aïllaments existents o afegint-ne de nous que es poden instal·lar de dues formes diferents:

La primera opció es basa en la superposició in situ de capes aïllants compost per (panells aïllants, malla de protecció o de reforç i un arrebossat final amb morters que es poden pintar o decorar per

millorar-ne l'efecte visual). La segona opció, és utilitzar plaques aïllants prefabricades amb un acabat final decoratiu ja incorporat.

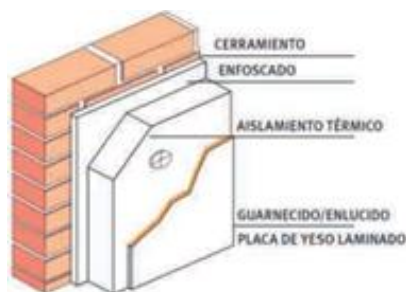
Algun dels avantatges que presenta aquest sistema d'aïllament són:

- S'aprofiten els materials aïllants ja existents a la façana per acumular l'energia tèrmica obtinguda durant el dia.
- És un sistema molt adequat en climes amb estius càlids ja que actua com aïllament de la radiació solar excessiva sobre les façanes.
- Eliminar el risc d'aparició de condensacions.
- No es perd espai habitable en l'interior de l'edifici

Com a inconvenients es pot dir que:

- L'elecció dels materials i gruixos d'aquest pot estar condicionat per l'acabat estètic final
- A vegades s'han de realitzar modificacions de la fusteria en les finestres
- El gruix dels materials aïllants que es poden aplicar poden estar condicionats al tipus de façana i a diferents aspectes urbanístics

Millorar l'aïllament per la part interior de l'habitatge



Imatge 81: Sistema d'aïllament interior

Consisteix en actuar per les parts interiors de l'habitatge que es troben en contacte amb la façana, afegint materials aïllants per reduir-ne la transmitància tèrmica i es pot aplicar de 3 formes diferents:

Al igual que en l'aïllament per l'exterior de la façana, es poden anar instal·lant capes d'aïllament in situ o mitjançant plaques aïllants amb acabat final incorporat o no. La tercera opció que presenta aquest sistema consisteix en utilitzar plaques d'alta densitat de llanes minerals (llana de vidre o de roca) i tapar-les mitjançant plaques de fusta o de guix que posteriorment es poden decorar.

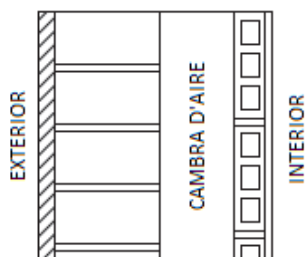
Algun dels avantatges que presenta aquest sistema d'aïllament són:

- Permet que les superfícies interiors de l'edifici, assoleixin ràpidament una temperatura similar a la de l'ambient interior, augmentant així el confort dels ocupants.
- Aquest sistema és eficaç en climes freds i humits i en les façanes orientades al nord ja que en aquestes condicions, no es pot aprofitar la massa tèrmica interior al haver poca radiació solar.

Com a inconvenients es pot dir que:

- Augmenta el risc de condensacions a l'interior dels forjats.
- Es redueix la superfície habitable dintre de l'edifici.
- L'execució de les obres interfereix amb la vida quotidiana dels ocupants de l'edifici.

Millorar l'aïllament de la cambra d'aire de la façana



Imatge 82: Cambra d'aire

Consisteix en la injecció de materials aïllants en la cambra d'aire de la façana (si existeix), es a dir en l'espai que queda entre el mur exterior de la façana i el mur interior de l'edifici.

Els materials aïllants que es solen utilitzar per omplir la cambra d'aire, solen ser perles de poliestirè expandit amb grafit i adhesius, llana mineral o poliuretà de baixa densitat, injectat in situ a través de forats realitzats

per les parets interiors de l'edifici o per la façana exterior.

És molt important que la conductivitat tèrmica dels materials utilitzats, sigui la millor possible ja que un cop aplicats difícilment es poden substituir.

Algun dels avantatges que presenta aquest sistema d'aïllament són:

- Té un comportament similar als aïllaments aplicats per l'interior de l'edifici. Permet que les superfícies interiors, emmagatzemin en poc temps una temperatura similar a la de l'interior.
- No es perd superfície habitable en l'interior de l'edifici.

Com a inconvenients es pot dir que:

- Només es pot aplicar en façanes de doble full, amb cambra d'aire continua entre elles. La fulla exterior ha de ser resistent a la injecció de l'aïllament amb un gruix superior a 10cm.
- L'aïllament utilitzat ha de ser resistent a la intempèrie i de baixa absorció d'aigua.
- Aquesta solució no crea una capa de material aïllant continua en la totalitat de la façana de l'edifici, per lo que els pilars interiors de la façana i els contorns d'obra del perímetre d'obertures seguiran sense millora en l'aïllament, esdevenint ponts tèrmics.

De totes les accions esmentades anteriorment per millorar l'envolupant tèrmica de les façanes de l'edifici, es considera que la millor opció en aquest cas, és aplicar aïllament sobre les façanes exteriors de l'edifici.

S'ha escollit aquesta opció ja que és la que ofereix un major aïllament tèrmic i continuïtat, eliminant la major part de pont tèrmics que puguin existir en la façana (sense tenir en compte els forats de les finestres). A més a més el gruix que es pot aplicar sobre la façana exterior no està limitat per cap aspecte urbanístic ni s'afecta a l'espai habitable interior.

L'aïllament que s'escull per realitzar la millora tèrmica, són plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) amb acabat final decoratiu incorporat per tal de reduir el cost d'instal·lació i millorar l'aspecte visual final. S'opta per aquest material degut a la seva baixa conductivitat tèrmica (0,025-0,030)W/m k atorgant-li un gran poder aïllant, a més a més aquesta és una de les opcions més utilitzades en l'actualitat amb una gran varietat d'acabats finals.

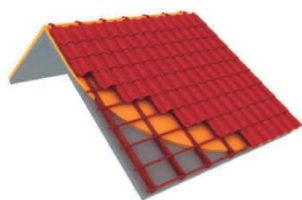
5.3.2. Millora en coberta

Al tractar-se d'un habitatge unifamiliar, aquest disposa de coberta inclinada que segons projecte té una transmitància tèrmica de 0,639 W/m²k, es a dir 0,64 W/m²k aproximadament. Cal considerar que la coberta és l'element que més agressions externes pateix ja que està directament exposada a les condicions climatològiques adverses i a la radiació solar amb una gran càrrega tèrmica.

Per tal de millorar l'aïllament tèrmic d'aquest tipus de cobertes, es pot actuar de 2 formes diferents:

- Millorar l'aïllament per la part exterior de la coberta
- Millorar l'aïllament per la part interior sota la coberta

Millorar l'aïllament per la part exterior de la coberta



Imatge 83: Aïllament exterior en coberta

Consisteix en desmuntar les peces que formen la teulada (teules, pissarres...) i llavors s'afegeix l'aïllament pertinent resistent a les inclemències del temps. Posteriorment, es tornen a muntar les peces que formen la teulada per protegir l'aïllament instal·lat.

Com avantatges es pot dir que:

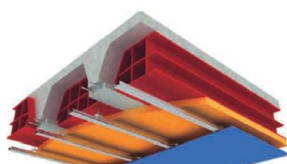
- És un sistema de millora aplicable a totes les cobertes

- Com més a prop de l'exterior es col·loqui l'aïllament, abans es frenen els guanys tèrmics provocats per la radiació solar.
- No es perd altura útil en l'habitatge

Com a inconvenients es pot dir que:

- Puja el nivell de la coberta, per lo que s'haurien de tenir en compte les altures màximes fixades a nivell municipal.
- És un sistema costós que requereix d'un equip adequat, preparació i planificació prèvia.

Millorar l'aïllament per la part interior sota la coberta



Imatge 84: Aïllament interior en coberta

Consisteix en afegir aïllaments a sota la coberta en la part interior de l'edifici, un cop col·locat es pinta o es recobreix d'altres materials per disminuir l'impacte visual.

Com a avantatges es pot dir que:

- Les superfícies interiors assoleixen ràpidament la temperatura ambient interior.
- Dóna continuïtat a l'aïllament tèrmic interior, evitant els pont tèrmics.
- Procés d'instal·lació fàcil i ràpid.
- Estan considerades obres menors.

Com a inconvenients es pot dir que:

- Es perd espai habitable interior
- Augmenta el risc de condensacions a l'interior de l'edifici

D'aquestes dues opcions, es considera que la més adequada per millorar l'aïllament tèrmic de la coberta és afegir l'aïllament per sota de la coberta per l'interior de l'habitatge. S'opta per aquest sistema degut a la seva fàcil instal·lació i menor cost, obtenint uns resultats òptims sense tenir que realitzar cap desmuntatge en la coberta.

Al igual que en les façanes, s'escull instal·lar plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) de superfície llisa per tal de poder ser pintat un cop s'hagi instal·lat. Com s'ha dit anteriorment, la baixa conductivitat tèrmica del material, permetrà assolir un bon nivell d'aïllament tèrmic amb poc material sent molt rellevant en aquest cas, ja que al instal·lar-se per l'interior de l'edifici s'ha de procurar perdre la menor quantitat d'espai habitable interior possible.

5.3.3. Millora en marcs i vidres

Finalment l'últim punt de l'envolupant tèrmica en que es milloraran els aïllaments, corresponen als marcs i finestres de l'edifici. En total existeixen 10 finestres de mesures diverses que permeten l'entrada i sortida als diferents balcons, terrasses i jardí de l'edifici a part de permetre l'entrada dels raigs solars a l'interior de l'edifici, reduint així les necessitats d'il·luminació artificial tant a l'hivern com a l'estiu.

En totes les finestres, exceptuant les 2 encastades en la coberta, disposen de persiana que actuen com aïllant tèrmic i element de seguretat quan estan desplegades.

Com s'ha descrit en l'apartat 4.3 "Materials de l'envolupant" d'aquest projecte, les finestres de l'edifici estan compostes per doble vidre amb marcs d'alumini amb ruptura de pont tèrmic. Aquest tipus de finestres ofereixen una menor transmissió tèrmica que les finestres més simples d'un sol vidre i amb marc d'alumini sense ruptura de pont tèrmic.

Al no disposar de les característiques tècniques d'aquestes finestres no es pot conèixer amb exactitud quina és la transmissió tèrmica que ofereixen, però segons les dades disponibles introduïdes en el programa CE3X, es considera que la transmissió tèrmica d'aquestes és de $3,3\text{W/m}^2\text{K}$ per lo que tenen un ampli rang de millora.

És evident que les finestres són ponts tèrmics pels quals es produeix un gran intercanvi d'energia i per reduir les necessitats tèrmiques de l'edifici, cal millorar-ne el seu aïllament substituint-les per altres amb menor transmissió tèrmica i afegint sistemes de protecció solar en aquelles zones més exposades a la radiació solar.

En l'actualitat existeixen una gran multitud de finestres i marcs de diferents tecnologies capaços de reduir substancialment la quantitat d'energia que transfereixen. A continuació s'explica breument algunes de les tecnologies existents més utilitzades de marcs i vidres que componen les finestres.

Perfils utilitzats en la fabricació de les finestres

Els perfils de les finestres, són els elements que subjecten les finestres a l'edifici i permeten la seva obertura amb seguretat. Al igual que les finestres, en general són elements amb una alta conductivitat tèrmica per on es produeix un gran intercanvi d'energia.

En l'actualitat els materials amb que es fabriquen els perfils són tres: alumini, PVC i fusta i poden tenir major o menor conductivitat tèrmica depenent dels gruixos emparats i la construcció interior.

A continuació es defineixen els diferents perfils existents ordenats de major a menor conductivitat tèrmica:

- **Perfil d'alumini sense ruptura de pont tèrmic:** aquest tipus de perfils són el més senzills i econòmics, que es caracteritzen per oferir molt poca resistència al flux de calor.



Imatge 85: Perfil d'alumini sense ruptura de pont tèrmic

- **Perfil d'alumini amb ruptura de pont tèrmic:** són perfils d'alumini compostos per dos o més seccions metàl·liques que contenen aire en estat immòbil en el seu interior que actua com aïllant tèrmic, les diferents seccions s'uneixen amb un component aïllant no metàl·lic. El conjunt d'aquests elements aïllants incrementen la resistència tèrmica que ofereix el marc al flux de calor.



Imatge 86: Perfil d'alumini amb ruptura de pont tèrmic

- **Perfil de PVC:** són perfils compostos per PVC, material plàstic amb baixa conductivitat tèrmica. Aquests marcs també poden contenir diferents seccions amb aire immòbil a l'interior que incrementa la resistència tèrmica del marc. Al utilitzar PVC, cal aplicar mesures protectores al material per evitar-ne el seu deteriorament provocat per les inclemències del temps.

- **Perfil de fusta:** ofereixen una gran resistència tèrmica degut a la naturalesa aïllant de la fusta. No obstant, si no es realitza un bon manteniment de la fusta, poden aparèixer fissures i desajustos que disminueixen l'hermeticitat del conjunt i s'incrementi en gran mesura l'intercanvi tèrmic.



Imatge 87: Perfil de fusta

- **Perfil mixt:** són perfils compostos per diferents materials (fusta, alumini aïllants tèrmics), la combinació dels diferents materials formen marcs amb una alta resistència tèrmica i durabilitat.



Imatge 88: Perfil mixt

Vidres utilitzats en la fabricació de finestres

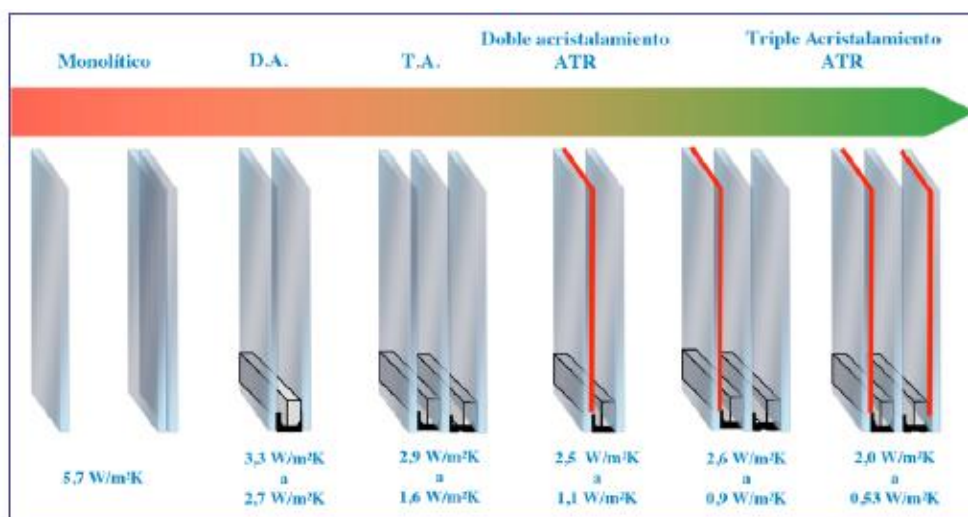
Els vidres que s'utilitzen en les finestres, depenent dels gruixos, configuracions i materials utilitzats poden oferir major o menor conductivitat tèrmica:

- **Vidre senzill monolític:** són finestres formats per un o varis vidres monolítics senzills sense separació entre ells. Són els més senzills i ofereixen molt poca resistència tèrmica amb transmissibilitats tèrmiques al voltant de $5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- **Vidres aïllants:** són finestres formades amb 2 o varies làmines de vidres monolítiques separats entre elles (finestres de vidre doble, triple...). La separació de les làmines origina una cambra d'aire immòbil que millora la resistència tèrmica del conjunt. A major separació entre làmines i major número de cambres d'aire, major és la resistència tèrmica. Les transmitàncies tèrmiques que ofereixen, van dels 3,3 a 1,6 W/m²k.
- **Vidres de baixa emissivitat:** són finestres formades amb 2 o més vidres monolítics separats entre ells amb un tractament especial en la seva superfície que aporta al vidre una capacitat d'aïllament tèrmic reforçat. Depenen de la distància entre làmines i capes tractades, ofereixen major o menor resistència tèrmica. La transmitància tèrmica d'aquestes finestres pot arribar als 0,53 W/m²k.
- **Vidres de control solar:** són vidres tractats que redueixen l'aportació de calor dels raigs solars a l'interior de l'edifici. Són molt adequats a l'estiu ja que deixen passar la llum solar reduint l'aportació de calor d'aquets. Es solen combinar amb vidres de baixa emissivitat per fer-los més efectius en les diferents estacions de l'any.



Imatge 89: Finestra amb vidres de control solar i baixa emissivitat



Imatge 90: Transmitàncies tèrmiques dels diferents vidres i configuracions possibles. Font: Guia técnica de ventanas para la certificación energética de edificios

Observant les diferents opcions disponibles per a la millora de l'aïllament tèrmic de les finestres, s'opta per substituir totes les finestres de l'edifici per finestres de doble vidre de baixa emissivitat amb una transmitància tèrmica de $1,6 \text{ W/m}^2\text{k}$. En quan els marcs, s'escullen els marcs de PVC amb 3 cambres ja que ofereix una baixa conductivitat tèrmica a un cost reduït.

Respecte les proteccions solars, l'edifici actual ja disposa de tendals en cadascuna de les finestres de la cara sud on impacten els raigs solars per lo que no és necessari incorporar-ne de nous.

5.4. Dimensionament del aïllament

Amb l'anàlisi dels diferents aïllaments i les accions escollides per millorar l'eficiència energètica de l'edifici, a continuació es procedeix a dimensionar els gruixos dels aïllaments necessaris per posteriorment avaluar els resultats obtinguts de les millores aplicades amb el programa CE3X.

Tal i com s'especificava en els apartats anteriors, finalment s'ha optat per aplicar les següents mesures de millora en l'envolupant tèrmica de l'edifici:

- Millora de l'aïllament tèrmic de les façanes per l'exterior amb plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) amb acabat final decoratiu incorporat.
- Millora de l'aïllament tèrmic de la coberta per l'interior de l'habitatge amb plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) de superfície llisa per poder ser pintat o decorat.
- Millora de marcs i finestres substituint les actuals per finestres de doble vidre de baixa emissivitat i marcs de PVC de 3 càmeres amb una transmitància tèrmica total de $1,6 \text{ W/m}^2\text{k}$.

Per tal de dimensionar els aïllaments tèrmics que s'afegiran a les façanes i la coberta, es pren com a referència l'apèndix E del CTE DB-HE titulat "*Valores orientativas de los parámetros característicos de la envolvente térmica*". En aquest apèndix, s'ofereixen els valors orientatius de transmitància tèrmica dels diferents elements de l'envolupant tèrmica en solucions constructives d'ús residencial segons la zona climàtica tal i com es mostra en la següent taula:

Taula 25: Taula E.1 del CTE DB-HE valors orientatius de transmissibilitats tèrmiques dels elements de l'envolupant tèrmica segons la zona climàtica.

Tabla E.1. Transmisión del elemento [W/m² K]

Transmisión del elemento [W/m² K]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U _m	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U _s	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U _c	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U_m: Transmisión térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno
U_s: Transmisión térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)
U_c: Transmisión térmica de cubiertas

Tabla E.2. Transmisión térmica de huecos [W/m² K]

Transmisión térmica de huecos [W/m² K]		α	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 – 5.7	2.6 – 3.5	2.1 – 2.7	1.9 – 2.1	1.8 – 2.1	1.9 – 2.0
	Media	5.1 – 5.7	2.3 – 3.1	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	1.6 – 1.8	1.6 – 1.7
	Baja	4.7 – 5.7	1.8 – 2.6	1.4 – 2.0	1.2 – 1.6	1.2 – 1.4	1.2 – 1.3

El procediment a seguir per disminuir els consums de l'habitatge a nivells d'un nZEB, serà prendre com objectiu assolir les transmissibilitats tèrmiques dels diferents elements de l'envolupant tèrmica que s'especifiquen en la taula anterior, que corresponen a la zona climàtica C i posteriorment avaluar l'efecte que tenen cadascuna de les mesures aplicades sobre la demanda energètica de l'edifici.

En el cas que els gruixos dels diferents aïllants escollits per assolir aquestes transmissibilitats tèrmiques no siguin suficients per reduir la demanda de calefacció a un valor igual o inferior a 15kWh/m² any, es procedirà a modificar les transmissibilitats tèrmiques objectiu i per tant també els gruixos dels aïllaments fins assolir aquesta demanda d'energia.

Per tal de poder dimensionar correctament els gruixos necessaris dels materials aïllants que s'afegiran a l'edifici, únicament cal utilitzar les equacions 4 i 5.

$$U_{CTE} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{actual} + R_{material\ aïllant}} \quad (4)$$

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (5)$$

On: U_{CTE}: és el valor objectiu marcat en l'apèndix E del CTE DB-HE en [W/m²k]

R_{actual}: és la resistivitat que ofereixen els aïllaments tèrmics actuals de l'edifici[m² k/W].

R_{material aïllant}: és la resistivitat del nou material aïllant escollit [m² k/W].

e= el gruix en [m] del material.

λ = conductivitat del material aïllant en [W/m k].

A continuació es procedeix a calcular el gruix que han de tenir les plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) a instal·lar en les façanes i en la coberta:

5.4.1. Façanes: càlculs i resultats

El primer pas per a calcular el gruix necessari per assolir una transmitància tèrmica total en la façana de 0,29 [W/m²k] (aïllants existents + nou aïllament), és calcular la resistivitat tèrmica que ofereixen les façanes actualment R_{actual} .

Transmitància tèrmica objectiu (U_{cte}) = 0,29 [W/m²k]

Transmitància tèrmica actual de les façanes (U_{actual}) = 0,69 [W/m²k]

Conductivitat tèrmica del poliuretà conformat en fàbrica (PUR), λ_{PUR} = 0,028 [W/m k] (valor mig)

Gruix dels materials aïllants de les façanes e_{actual} = 0,3 [m]

(6)

$$R_{actual} = \frac{1}{U_{actual}} = \frac{1}{0,69} = 1,45 \text{ m}^2\text{k/W}$$

Un cop s'obté el seu valor, ja es pot procedir a aïllar de la fórmula de la transmitància tèrmica el valor de la resistivitat tèrmica del nou material aïllant $R_{nou \text{ material aïllant}}$.

(7)

$$U_{objectiu} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{actual} + R_{nou \text{ material aïllant}}}$$

$$0,29 = \frac{1}{1,45 + R_{nou \text{ material aïllant}}} \rightarrow R_{nou \text{ material aïllant}} = 2,00 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Finalment es procedeix a calcular el gruix del nou material aïllant a afegir a les façanes utilitzant el valor mig de la conductivitat tèrmica del PUR.

(8)

$$R_{nou \text{ material aïllant}} = \frac{e_{nou \text{ material aïllant}}}{\lambda_{PUR}} \rightarrow$$

$$e_{nou \text{ material aïllant}} = R_{nou \text{ material aïllant}} * \lambda_{PUR}$$

$$e_{nou \text{ material aïllant}} = 2 * 0,028 = 0,056 \text{ m} = 5,60 \text{ cm}$$

Es determina que per tal d'assolir una conductivitat tèrmica total de 0,29 W/m²k en les façanes, s'hauran d'afegir plaques de poliuretà de 5,60 cm de gruix per l'exterior de la façana.

A continuació s'analitza quin impacte té aquesta millora sobre la demanda energètica de l'edifici amb el programa CE3X.

El programa CE3X, inclou una eina que s'utilitza precisament per realitzar propostes de millora energètica en els edificis. Com que anteriorment ja s'havia definit l'estructura i materials de l'envolupant tèrmica de l'edifici, únicament caldrà activar aquesta eina i anar introduint les millores en l'envolupant tèrmica per conèixer quina reducció energètica provoca cada millora proposada.

Per introduir la millora en l'envolupant tèrmica de les façanes únicament cal indicar en el programa que el nou aïllament tèrmic s'instal·larà per l'exterior de la façana, la conductivitat tèrmica del nou material i el seu gruix. En aquest cas com ja s'ha especificat anteriorment, s'escullen plaques de poliuretà de 5,6cm de gruix i amb una conductivitat tèrmica de $\lambda=0,028 \text{ W/m K}$, obtenint els següents resultats.

Conjuntos de medidas definidos
(1) - Conjunt de millores en l'aïllament de l'en

Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Conjunt de millores en l'aïllament de l'envolupant tèrmica

Características: S'estableixen millores en els elements que formen l'envolupant tèrmica

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Añadición de aislamiento térmico en fachada por el exterior	Añadición de Aislamiento Térmico

Añadir medida Modificar medida Borrar medida

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	26.4 B	57.3 D	53.8 %
Demanda de refrigeración	5.1 B	3.2 A	-59.4 %
Emissiones de calefacción	10.6 C	23.0 D	53.8 %
Emissiones de refrigeración	0.8 A	0.5 A	-59.4 %
Emissiones de ACS	4.7 D	4.7 D	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	16.1 C	28.2 D	42.9 %

16.1 C

Imatge 91: Resultats obtinguts amb la millora de l'envolupant tèrmica de les façanes amb el programa CE3X

Com es pot observar en la imatge anterior, la mesura de millora de l'envolupant tèrmica de les façanes instal·lant plaques de PUR de 5,6cm de gruix per l'exterior, s'obté una reducció de la demanda energètica en calefacció superior al 50%. Si únicament s'apliqués aquesta millora, l'edifici reduiria la demanda energètica en calefacció de 57,3 kWh/m²any a 26,4 kWh/m²any, un 53,8% menor que en el cas original. També les emissions associades a la calefacció es redueixen en el mateix percentatge al

necessitar menor energia. Tal és l'impacte positiu d'aquesta millora que per si sola incrementa la qualificació energètica obtinguda en el certificat energètic en una lletra, passant de D a C.

És evident que la solució escollida és molt eficaç gràcies a que afegir l'aïllament per l'exterior permet una continuïtat en l'aïllament de tota la façana que no seria possible si s'hagués aplicat per l'interior de l'habitatge o per la cambra d'aire. A més a més, s'ha de considerar que el fet d'existir 2 façanes de dimensions considerables (97 m^2), implica una gran superfície per on es pot produir intercanvi tèrmic. Per contra s'incrementa la demanda energètica de refrigeració en un 59,4%, això és degut segurament a que a l'estiu s'incrementarà l'energia acumulada a l'interior de l'edifici incrementant les necessitats de refrigeració.

5.4.2. Coberta: càlculs i resultats

Per dimensionar el gruix de l'aïllament de la coberta es segueix el mateix procediment que amb les façanes. No obstant en aquest la transmitància tèrmica de la coberta $0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ i la transmitància objectiu serà de $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

En la coberta també s'utilitzarà com a material aïllant plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) instal·lades per l'interior de l'edifici.

Transmitància tèrmica objectiu (U_{CTE}) = $0,23 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Transmitància tèrmica actual de la coberta (U_{actual}) = $0,64 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Conductivitat tèrmica del poliuretà conformat en fàbrica (PUR), $\lambda_{PUR} = 0,028 \text{ [W/m K]}$ (valor mig)

Gruix dels materials aïllants de la coberta $e_{actua} = 0,25 \text{ [m]}$

(9)

$$R_{actual} = \frac{1}{U_{actual}} = \frac{1}{0,64} = 1,56 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Un cop s'obté el valor de resistivitat dels materials aïllants actuals en la coberta, ja es pot procedir a aïllar de la fórmula de la transmitància tèrmica, el valor de la resistivitat tèrmica del nou material aïllant $R_{nou \text{ material aïllant}}$.

(10)

$$U_{objectiu} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{actual} + R_{nou \text{ material aïllant}}}$$

$$0,23 = \frac{1}{1,56 + R_{nou \text{ material aïllant}}} \rightarrow R_{nou \text{ material aïllant}} = 2,79 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Finalment es procedeix a calcular el gruix del nou material aïllant a afegir a la coberta utilitzant el valor mig de la conductivitat tèrmica del PUR.

(11)

$$R_{nou\ material\ aïllant} = \frac{e_{nou\ material\ aïllant}}{\lambda_{PUR}} \rightarrow$$

$$e_{nou\ material\ aïllant} = R_{nou\ material\ aïllant} * \lambda_{PUR}$$

$$e_{nou\ material\ aïllant} = 2,79 * 0,028 = \mathbf{0,078\ m = 7,80\ cm}$$

Es determina que per tal d'assolir una conductivitat tèrmica total de 0,23 W/m²k en la coberta, s'hauran d'afegir plaques de poliuretà de 7,80 cm de gruix a sota de la coberta per l'interior de l'habitatge.

Per introduir la millora en l'envolupant tèrmica de la coberta en el programa CE3X, únicament cal indicar que s'afegirà aïllants tèrmics a la coberta indicant la conductivitat tèrmica del nou material i el seu gruix. En aquest cas seran plaques de poliuretà de 7,80cm de gruix i amb una conductivitat tèrmica de $\lambda=0,028$ W/m k, obtenint els següents resultats.

Conjuntos de medidas definidos

- Conjunt de millores en l'aïllament de l'en

Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Conjunt de millores en l'aïllament de l'envolupant tèrmica

Características: S'estableixen millores en els elements que formen l'envolupant tèrmica

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Adición de aislamiento térmico en cubierta	Adición de Aislamiento Térmico

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	54.6 D	57.3 D	4.7 %
Demanda de refrigeración	3.1 A	3.2 A	2.5 %
Emisiones de calefacción	21.9 D	23.0 D	4.7 %
Emisiones de refrigeración	0.5 A	0.5 A	2.5 %
Emisiones de ACS	4.7 D	4.7 D	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	27.1 D	28.2 D	3.9 %

Gráfico de clasificación energética:

El gráfico muestra una escala de colores de A (verde) a G (rojo). El valor global de 27.1 D se sitúa entre la categoría D (amarillo) y la E (naranja).

Imatge 92: Resultats obtinguts amb la millora de l'envolupant tèrmica de la coberta amb el programa CE3X

Com es pot observar, els resultats obtinguts millorant l'aïllament tèrmic de la coberta mitjançant plaques de PUR instal·lats sota la coberta per l'interior de l'edifici, redueix sensiblement la demanda de calefacció i refrigeració. Es passa d'un consum en el cas original de calefacció i refrigeració de 57,3 kWh/m²any i 3,2 kWh/m²any respectivament a 54,6 kWh/m²any i 3,13 kWh/m²any. Aquesta millora suposa una reducció en la demanda energètica del 4,7% en calefacció i del 2,5% en refrigeració. Aquest fet implica que la millora aplicada no té un gran impacte en la demanda energètica de l'edifici a diferència de la millora aplicada en les façanes. Això pot ser degut a que la coberta no té tanta superfície d'intercanvi tèrmic com les façanes per lo que les millores aplicades en l'envolupant tèrmica de la coberta no poden tenir un impacte tan considerable.

Tot i això, es considera interessant aplicar la mesura ja que aquesta a diferència de la millora aplicada en les façanes, redueixen sensiblement la demanda energètica de refrigeració. Això és així ja que la coberta és un dels punts de l'edifici en que més radiació solar es rep i tota millora aplicada serà positiva per reduir el consum en refrigeració.

5.4.3. Marcs i finestres: càlculs i resultats

Els marcs i les finestres són la part de l'envolupant tèrmica per on major energia s'intercanvia amb l'exterior de l'edifici. Actualment les 10 finestres de l'edifici estan compostes per dos làmines de vidre separades entre si amb marcs d'alumini equipats amb ruptura de pont tèrmic, amb una transmitància aproximada del conjunt de 3,3 W/m²k.

Aquesta transmitància és aproximadament 5 vegades més elevada que les transmitància de la resta d'elements que formen l'envolupant tèrmica, per tant a través de la superfície que ocupen les finestres es produeix un intercanvi d'energia 5 vegades superior que per qualsevol altre element de l'envolupant. Considerant que el total de les finestres ocupen una superfície de 33,4 m², qualsevol millora en l'aïllament tèrmic sobre aquets elements tindrà un impacte considerable en la reducció de la demanda energètica de l'edifici.

En la taula 25, es recomana per la zona climàtica C2 que la transmitància tèrmica dels forats de l'edifici (finestres i marcs) tinguin una transmitància tèrmica d'entre [2,1 a 1,6] W/m²k. En aquest cas s'opta per instal·lar finestres amb una transmitància tèrmica de 1,6 W/m²k per ser la més restrictiva de les proposades.

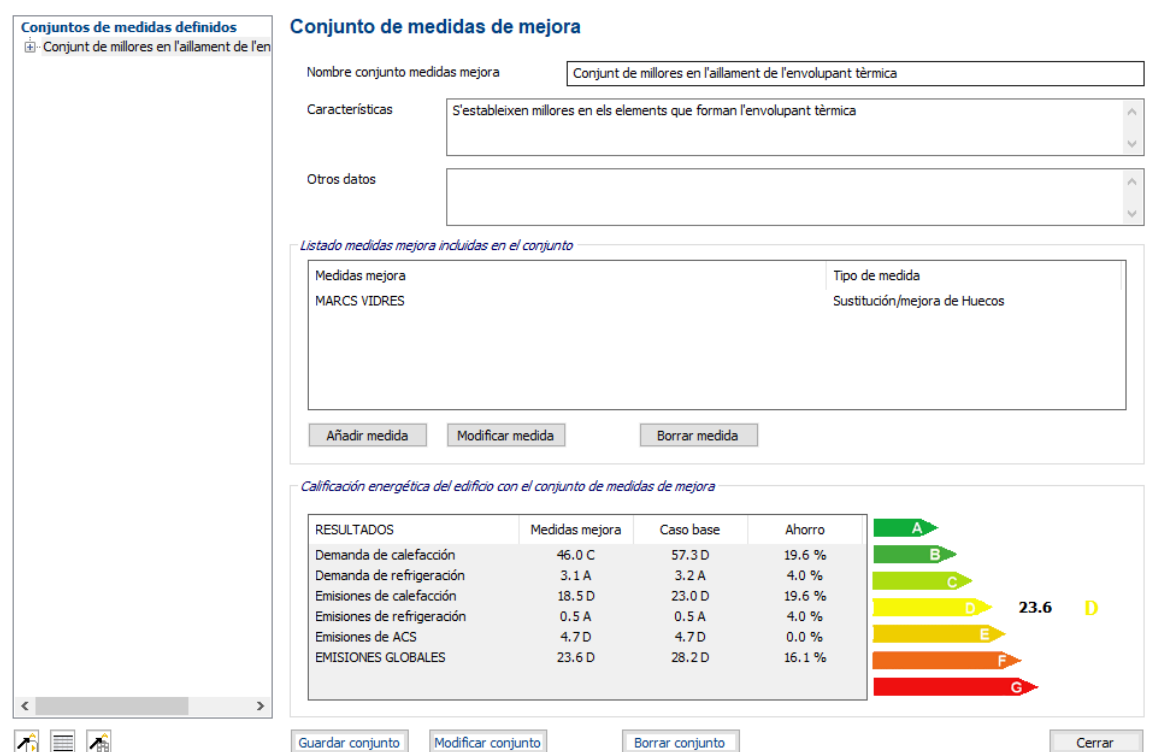
En el programa CE3X s'inclou una base de dades amb diferents configuracions de finestres en que ja s'indica la seva transmitància tèrmica, únicament s'haurà d'escollir la finestra i marcs amb la configuració adequada que ofereixi aquest nivell d'aïllament.

La configuració escollida ha estat una finestra de doble vidre baix emisiu (4-12-6) compost per dos làmines de vidre de 4 i 6mm de gruix separades entre si per una distància de 12mm on la làmina de més gruix es troba en contacte amb l'exterior ja que ofereix una major resistivitat tèrmica.

En quan els marcs, s'opta per un marc de PVC de 3 cambres per la seva alta resistivitat tèrmica i economia.

Aquesta configuració permet una baixa transmitància tèrmica de 1,6 W/m²k, gràcies a la separació entre les làmines de vidre, es forma una cambra aïllant d'aire immòvil amb una alta resistència tèrmica. A més a més els vidres al ser de baixa emissivitat, estan tractats amb un recobriment que dificulta el pas de la calor aportant un aïllament tèrmic extra.

Introduint les característiques del marc i de les finestres en el programa, s'obtenen els següents resultats:



imatge 93: Resultats obtinguts amb la millora de l'envolupant tèrmica de les finestres amb el programa CE3X

La implementació d'aquesta millora en els marcs i les finestres de l'envolupant tèrmica, té un efecte molt positiu amb una reducció de la demanda energètica en calefacció i refrigeració del 19,6% i del 4% respectivament. En concret es passa a tenir una demanda del 57,3 kWh/m²any a 46,0 kWh/m²any en calefacció i de 3,2 kWh/m²any a 3,1 kWh/m²any.

De totes les mesures considerades, aquesta és una de les més fàcils d'aplicar i que té un impacte considerable en la demanda energètica del edifici. Es conclou que en les reformes d'edificis en general ha de ser una mesura a estudiar i aplicar abans que qualsevol altre mesura més costosa i difícil d'executar.

5.5. Resultat final del conjunt de millores en l'envolupant tèrmica de l'edifici

Totes les mesures proposades ofereixen en major o menor grau una reducció en la demanda energètica de l'edifici. En concret la millora que major impacte té sobre el consum energètic de l'edifici, és l'aïllament aplicat a l'exterior de la façana, reduint la demanda energètica de calefacció en un 53,8% amb un lleuger increment de la demanda energètica de refrigeració.

A continuació es mostra quina és la reducció de la demanda energètica de l'edifici amb l'aplicació de totes les millores considerades sobre l'envolupant tèrmica.

Conjuntos de medidas definidos
 (1) Conjunt de millores en l'aïllament de l'envolupant tèrmica

Conjunto de medidas de mejora
 Nombre conjunto medidas mejora: Conjunt de millores en l'aïllament de l'envolupant tèrmica
 Características: S'estableixen millores en els elements que formen l'envolupant tèrmica
 Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Adición de aislamiento térmico en cubierta	Adición de Aislamiento Térmico
MARCS VIDRES	Sustitución/mejora de Huecos
Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior	Adición de Aislamiento Térmico

Añadir medida Modificar medida Borrar medida

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	11.3 A	57.3 D	80.4 %
Demanda de refrigeración	4.2 B	3.2 A	-32.5 %
Emisiones de calefacción	4.5 A	23.0 D	80.4 %
Emisiones de refrigeración	0.7 A	0.5 A	-32.5 %
Emisiones de ACS	4.7 D	4.7 D	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	9.8 B	28.2 D	65.1 %

Guardar conjunto Modificar conjunto Borrar conjunto Cerrar

imatge 94: Resultat global de les millores en l'envolupant tèrmica amb el programa CE3X

Aplicant totes les propostes de millora en l'envolupant tèrmica de l'edifici, s'assoleix una reducció energètica en calefacció del 80,4% passant a tenir una demanda de 57,3 kWh/m²any en l'edifici actual

a 11,3kWh/m²any, assolint l'objectiu inicial d'obtenir un consum en calefacció igual o inferior a 15kWh/m²any.

En quan a la demanda de refrigeració, aquesta s'ha incrementat un 32,5% passant de 3,2 kWh/m²any en l'edifici actual a 4,2 kWh/m²any. Aquest increment és degut a l'aplicació de totes les mesures de millora en l'envolupant tèrmica, destinades principalment a reduir la demanda energètica de calefacció en perjudici de la refrigeració. No obstant aquest increment, tant la demanda de refrigeració com calefacció de l'edifici són inferiors a l'objectiu establert de 15kWh/m²any podent considerar que les mesures aplicades són vàlides i que l'edifici redissenyat és un edifici nZEB en quant a la demanda energètica es refereix.

També cal destacar que el conjunt de millores aplicades ha fet augmentar la qualificació obtinguda per l'edifici en la certificació energètica, passat de tenir una qualificació 28,2 D a 9,8 B. Aquest fet demostra que tant la demanda energètica global com les emissions contaminants que emet l'edifici han disminuït de forma notable respecte el cas base, obtenint així una millor qualificació. (En l'annex E, es troba disponible l'informe de millores aplicades amb el programa CE3X on apareixen de forma detallada les millores aplicades i els resultats obtinguts.)

A més a més, l'aplicació del conjunt de millores proposades, no només provoquen un estalvi energètic, econòmic i en emissions contaminants, també s'augmenta el valor de la propietat, al ser aquest un edifici energèticament i econòmicament menys costos de mantenir a unes condicions habitables interiors adequades.

Per tant a falta de la millora en les instal·lacions de l'edifici i l'adició d'instal·lacions de generació a partir de fonts renovables, es pot concloure que les millores proposades en els aïllaments que formen part de l'envolupant tèrmica del edifici, són adequades i contribueixen notablement a reduir les necessitats energètiques i emissions contaminants associades per a mantenir unes condicions confortables en l'interior tal i com succeeix en un edifici nZEB.

6. Disseny de les instal·lacions

En aquest apartat es descriuen les instal·lacions escollides que s'encarregaran de cobrir les necessitats energètiques de l'edifici, tant les destinades al confort del edifici (calefacció, ACS i refrigeració) com les destinades a generar electricitat mitjançant energies renovables.

L'objectiu de dissenyar aquestes instal·lacions, es proporcionar a l'edifici instal·lacions per generar el major percentatge possible de l'energia que necessita, mitjançant energies renovables i equipar-lo amb instal·lacions d' ACS, calefacció i refrigeració lo més eficients possibles amb nul·les o baixes emissions contaminants durant el seu ús.

Amb tot l'estudi realitzat anteriorment, es considera que per tal de no generar emissions de CO₂ i altres contaminants de forma directe seria adequat utilitzar l'electricitat com a única font d'energia per fer funcionar totes les instal·lacions i equips de l'edifici, fent innecessari estar connectats a la xarxa de subministrament de gas natural. A més a més com que es planteja generar electricitat a partir de fonts d'energia renovable, aquesta electricitat generada tindria 0 gCO₂/ kWh associats. Aquest fet provoca que si s'aconsegueix cobrir el 100% de les necessitats energètiques de l'edifici amb l'electricitat auto generada, no s'emetrien emissions contaminants a l'atmosfera. En el cas que no fos així i es necessites energia de la xarxa, el mixt energètic resultant d'utilitzar l'electricitat auto generada més la de la xarxa, tindria associades unes menors emissions de CO₂.

Les instal·lacions que formaran part de l'edifici són les següents:

- Generació d'energia a partir de fonts d'energia renovable
 - Instal·lació solar per la generació d'electricitat
 - Instal·lació d'un aerogenerador per la generació de l'electricitat
 - Instal·lació solar per la generació d'ACS
- Instal·lacions dedicades a mantenir les condicions de confort de l'edifici
 - Equip d'aerotèrmia destinat a cobrir les necessitats de calefacció, refrigeració i com a sistema de suport per a la generació d'ACS

L'elecció de cadascuna d'aquestes instal·lacions s'especificarà en els pròxims apartats on s'expliquen els càlculs realitzats, normativa utilitzada, avantatges i inconvenients...

6.1. Instal·lació solar tèrmica d'ACS

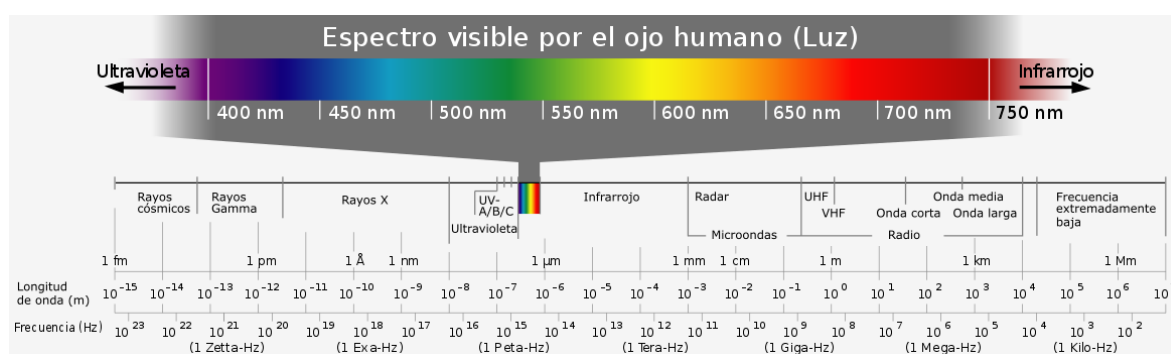
Per cobrir les necessitats d'ACS s'opta per utilitzar l'energia solar mitjançant plaques solars tèrmiques destinades a escalfar aigua. Aquest tipus d'instal·lacions generen ACS de forma gratuïta mitjançant com a font d'energia renovable el Sol, energia gratuïta i no contaminant.

Aquesta instal·lació s'ubicarà en la teulada de l'edifici per tal d'augmentar la quantitat de temps en que les plaques que formen el sistema, estiguin en exposició directe a la llum del Sol i també per reduir les possibles ombres que es produirien pels edificis i altres elements.

6.1.1. Marc teòric i funcionament

Aquesta tecnologia es basa en aprofitar l'energia que emet el Sol a la Terra en forma d'ones electromagnètiques, aquesta energia s'anomena radiació solar i es compon per totes les ones electromagnètiques generades pel Sol. L'energia que transporten aquestes ones és major quan més gran és la seva freqüència i es classifiquen segons la seva longitud d'ona⁴⁸.

Aquesta radiació solar, no només es compon de la llum visible que els éssers humans estan capacitats per veure (la llum visible es compon per les ones electromagnètiques amb longituds compreses entre 0,38 i 0,78µm), també es compon per altres ones amb longituds majors i menors, com són els raigs gama, raig x, raig infraroig...



Imatge 95: Espectre electromagnètic.

Tot i que l'energia que genera el Sol en forma d'ones electromagnètiques és molt gran, al planeta Terra la irradiància extraterrestre⁴⁹ que arriba és d'aproximadament 1376 W/m² en la qual la major quantitat

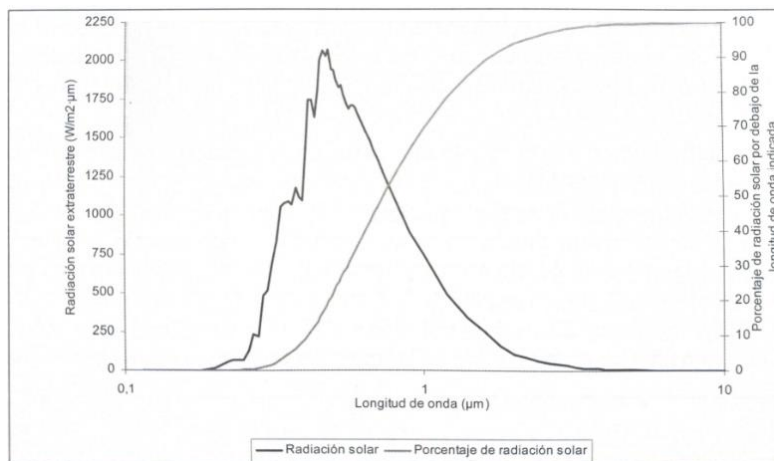
⁴⁸ És la distància que existeix entre dos partícules en el mateix estat d'oscil·lació

⁴⁹ Potència incident per unitat de superfície (W/m²) provinent de l'espai exterior

d'energia correspon a les ones electromagnètiques que formen part de l'espectre visible i les que tenen una longitud d'ona major a $0,38 \mu\text{m}$.

Taula 26: Distribució del espectre de radiació solar que incideix en la atmosfera extraterrestre (Thekaekara, NASA 1973)

Longitud d'ona (μm)	< 0,38	0,38 - 0,78	> 0,78
Percentatge d'energia (%)	7%	47,30%	45,70%

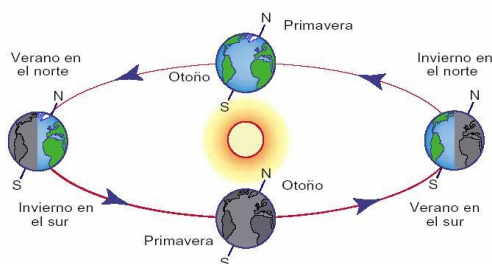


Gràfic 51: Espectre de la radiació solar extraterrestre. Font Thekaekara, NASA 1973

En el gràfic 51, es pot observar l'espectre solar de la radiació solar extraterrestre en que s'observa clarament com és la distribució de la radiació solar en funció de la longitud d'ona i el percentatge d'energia, sent les ones electromagnètiques que formen part de l'espectre visible les que més energia transporten amb un 47,3% del total.

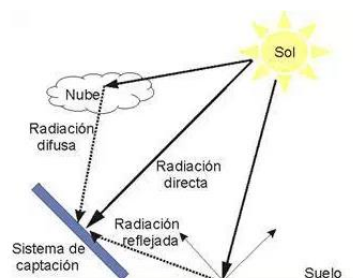
Un cop la radiació solar traspasa l'atmosfera terrestre, la radiació rebuda a la superfície de la Terra és inferior a la que es tenia en la part alta de l'atmosfera ja que es produeixen diferents fenòmens que dispersen aquesta energia, sent 3 principalment:

- **Difusió o dispersió:** interacció entre les ones electromagnètiques de la radiació solar amb un altre medi que provoca un canvi de direcció dels raigs solars. El vapor d'aigua, els gasos atmosfèrics i els aerosols són els elements que provoquen aquesta desviació.
- **Absorció:** els gasos que formen l'atmosfera aboleixen de forma selectiva la radiació solar impedit que arribi total o parcialment a la superfície terrestre. L'oxigen i l'ozó, absorbeixen els raigs amb longitud d'ona inferior a $0,29 \mu\text{m}$ com els raigs ultraviolats, perillosos per la salut
- **Reflexió:** part de la radiació solar que incideix a la Terra és reflectida. Les superfícies clares reflecteixen més energia que les fosques.

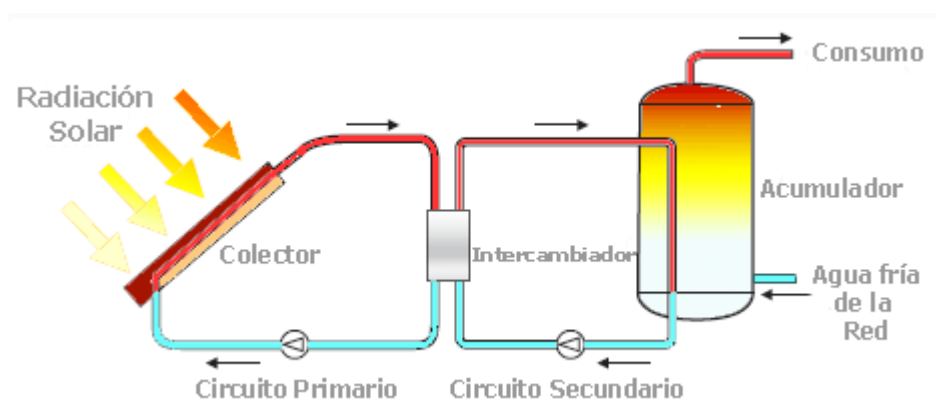


Imatge 96: Moviment Sol-Terra al llarg d'un any la zona, contaminació atmosfèrica...

Les instal·lacions solars tèrmiques, el que fan és transformar l'energia que es rep de la radiació solar en energia tèrmica aprofitant-la per escalfar aigua.



Imatge 97: Incidència de la radiació



Imatge 98: Esquema de funcionament i composició d'una instal·lació solar d'ACS

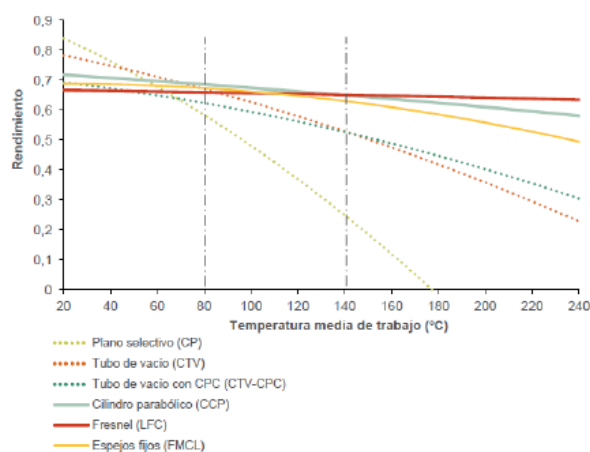
Aquestes instal·lacions estan formades normalment per:

- **Dos circuits hidràulics:** anomenats primari i secundari, que separant la part de producció i la de consum d'ACS. El circuit primari forma part del sistema de captació d'energia en que el fluid que s'utilitza per absorbir i transportar l'energia tèrmica al intercanviador, conté anticongelant. El circuit secundari, que pot ser el circuit de consum, s'encarrega de transportar l'energia tèrmica a un sistema d'acumulació a l'espera de ser consumida.
- **Sistema de captació:** compost per 1 o més captadors solars, que s'encarreguen d'absorbir la radiació solar i transformar-la en energia tèrmica transferida a un fluid.

- **Sistema d'intercanvi:** s'encarrega de transferir l'energia tèrmica captada en el circuit primari al circuit secundari on s'escalfa aigua lliure d'anticongelant. Aquest es pot ubicar dintre del sistema d'acumulació.
- **Sistema d'acumulació:** emmagatzema aigua calenta per la seva posterior utilització.
- **Sistema de control:** s'encarrega d'assegurar el correcte funcionament i gestió de la instal·lació.
- **Sistema hidràulic:** format per tubs, vàlvules, motors, purgadors, vas d'expansió...

Normalment les instal·lacions solars tèrmiques estan equipades amb un sistema auxiliar que s'encarrega d'eleva la temperatura de l'ACS de l'acumulador si aquesta és inferior al valor de consigna. Aquest sistema auxiliar pot ser una resistència elèctrica, una caldera de gas natural, sistemes d'aerotèrmia...

Cal tenir present que les instal·lacions tèrmiques solars d'ACS al disposar d'un sistema d'acumulació, existeix el risc de legionel·la en l'aigua de consum és per aquest motiu s'utilitzen també els sistemes auxiliars per periòdicament elevar la temperatura del tanc d'acumulació a temperatures de 70-80 °C i així desinfectar el tanc i eliminar la legionel·la. Una alternativa per evitar la legionel·la és introduir un segon intercanviador entre el circuit secundari i el circuit de consum.

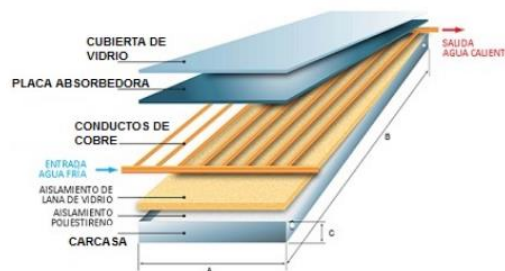


Gràfic 52: Corba de rendiment dels captadors solars (Irradiància 1.000 W/m² T_{amb}=20°C, angle d'incidència 0°C). Font: IDAE

Actualment en el mercat existeixen varies tecnologies de captadors solars tèrmics on els més utilitzats són els captadors plans i els de tub de buit. En tots els casos el rendiment dels captadors depèn de: la radiació solar rebuda, temperatura ambient, orientació, inclinació, materials de construcció, aïllament i temperatura d'us de l'ACS. En el gràfic 52 es pot observar com el rendiment en la majoria de casos disminueix a mesura que augmenta la temperatura de consum de l'aigua.

A continuació es descriu el funcionament de les dues tecnologies de captadors solars més utilitzats en la generació d'ACS:

- **Captadors pla:** és el sistema més simple i econòmic, ofereix bones prestacions per assolir temperatures d'ACS d'entre 60-80°C. Està format per una caixa rectangular on a l'interior s'ubica un element anomenat absorbidor que capta la radiació solar i la transfereix en forma d'energia tèrmica a un fluid amb anticongelant.



Imatge 99: Interior captador solar pla

Aquest element absorbidor, sol incorporar un tractament selectiu de color fosc en la seva superfície per millorar l'absorció de radiació solar. El col·lector incorpora una carcassa aïllada per disminuir les pèrdues calorífiques en la seva part posterior i en la part davantera incorpora una superfície de vidre, per la que penetra la radiació solar. Aquest vidre a part de deixar passar la radiació solar, redueix la quantitat de radiació reflectida per l'element absorbidor, generant l'anomenat efecte hivernacle dintre el captador elevant-ne la temperatura.

- **Captador de tubs de buit:** és un sistema més complex i costós que presenta menors pèrdues tèrmiques que els captadors solars plans, assolint temperatures de 80-100 °C. El captador està format per un conjunt de tubs de vidre on en el seu interior s'ubica l'absorbidor i se'n fa el buit. Al realitzar el buit a l'interior dels tubs, s'aconsegueix reduir les pèrdues tèrmiques per convecció dels tubs a l'aire exterior. Al igual que en el captador pla, també es produeix l'efecte hivernacle dintre de



Imatge 100: Captador de tubs

cadascun dels tubs. Existeixen dos tipus de captadors de buit:

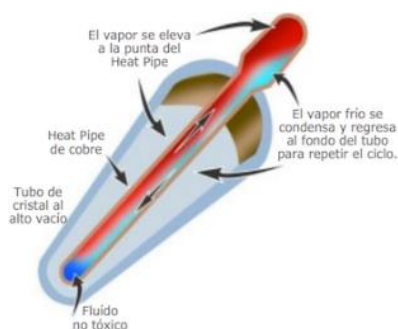
- **De flux directe:** a l'interior de cadascun dels tubs de vidre, es troba una placa d'absorció amb un recobriment selectiu de color fosc adherit a un tub de coure per on circula el fluid amb anticongelant on es transfereix l'energia tèrmica.



Imatge 101: Interior tub flux directe

- **Amb tubs de calor:** a l'interior de cadascun dels tubs de vidre,

s'ubica un "heat pipe" (tub de calor). Aquest tub és capaç de transmetre una gran quantitat d'energia tèrmica a partir d'una petita diferència de temperatura en els seus extrems. Dintre aquest tub, es troba un líquid que s'evapora dintre d'un rang de temperatures determinat, al evaporar-se en un dels extrems ascendeix fins l'altre extrem on es produeix un intercanvi de calor amb el fluid encarregat de



Imatge 102: "Heat pipe" funcionament

transportar l'energia tèrmica a l'acumulador. Un cop es produeix la transferència de calor, el fluid de l'interior dels tubs passa d'estat gasos a líquid i descendeix fins l'altre extrem per repetir el procés. Aquest sistema tot i ser més costós ofereix diversos avantatges: cadascun dels tubs es poden girar per obtenir una inclinació òptima sense tenir que moure el captador, no existeix circulació d'aigua a l'interior dels tubs evitant obstruccions, la unió entre els tubs i el sistema d'intercanvi és sec podent retirar els tubs trencats sense pèrdua de fluid, la transferència de calor sempre es realitza en un mateix sentit i quan s'assoleixen temperatures massa elevades s'atura el procés d'evaporació a l'interior dels tubs evitant temperatures perilloses dintre els tubs.

Existeixen altres sistemes com els captadors plans de concentració (CPC), que consisteixen en concentrar la radiació solar en una superfície d'absorció més petita que la de captació. Aquests sistemes són poc utilitzats a nivell domèstic i estan pensats per ser utilitzats en les centrals tèrmiques solars per generar electricitat, és per això que no s'entrarà en més detall en aquesta tecnologia.

La utilització d'aquest tipus d'instal·lacions es pot dir que:

- Són instal·lacions que contribueixen a l'estalvi energètic al tenir una alta eficiència.
- Utilitzen com a font d'energia renovable el Sol.
- Requereixen poc manteniment.
- Poden arribar a durar més de 25 anys.

Com a inconvenients es pot dir que:

- La intermitència en la disponibilitat de l'energia del Sol, provoca tenir que instal·lar sistemes de suport auxiliars.
- No en totes les localitzacions geogràfiques són adequades, degut a la climatologia o disponibilitat de radiació solar.
- Si no està ben dimensionada la instal·lació, el temps d'amortització econòmica de la mateixa pot ser molt llarg.

6.1.2. Normativa

Per tal de dissenyar la instal·lació d'ACS mitjançant plaques solars, s'haurà de complir amb el que s'especifica en el CTE DB-HE (*"Código técnico de la Edificación Documento Básico Horas de Energía"*) secció HE4 titulat *"Contribución mínima de agua caliente sanitaria"*, i amb la taula 27 extreta del document encarregat per la Generalitat de Catalunya titulat *"Edificis de Consum d'energia gairebé zero"*, en la que es proposa la contribució mínima d'ACS solar pels edificis nZEB ja que l'objectiu és assolir un edifici que es pugui considerar coma a mínim nZEB.

Taula 27: Proposta de valors límits de demanda i consum i percentatge d'aportació de renovables. Font: Generalitat de Catalunya *"Edificis de consum d'energia gairebé zero"*

		CTE 2006		CTE 2013		nZEB (Pendent d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Límit de demanda energètica (kWh/m ² any)	Calefacció	No definit		20 + 1000/S*	Estalvi del 25% demanda referència	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració			15		<15	
HE0. Límit de consum energètic (kWh/m ² any)		No definit		50 + 1500/S*	Classe B	Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmica ACS**	≥30%	≥30%	≥40%	≥40%	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons us edifici	-	Segons us edifici	-	Segons us edifici

En qualsevol cas s'ha d'assegurar complir amb el que s'estableix en l'actual CTE. Aquesta normativa és d'aplicació en els següents casos:

- Edificis de nova construcció o edificis existents en que es reformin íntegrament l'edifici en si o la instal·lació tèrmica o en aquells edificis en que es produeixi un canvi característic del mateix amb una demanda superior a 50l/dia.
- Ampliacions o intervencions no cobertes en el punt anterior, en edificis existents amb una demanda inicial d'ACS superior a 5.000l/dia que suposin un increment superior al 50% de la demanda inicial.
- Climatització de piscines cobertes noves, existents en les que es realitzi la nova instal·lació tèrmica o piscines descobertes existents que passin a ser cobertes

En el cas plantejat, al ser una reforma del edifici actual, es pot considerar com una millora integral de l'actual per lo que s'ha de complir amb aquesta normativa. A més a més com s'ha vist en apartats anteriors, la demanda d'ACS és superior a 50l/dia.

La contribució solar mínima per a la producció d'ACS que exigeix el CTE 2013, s'especifica en la següent taula en la que es té en compte tant la zona climàtica com la demanda d'ACS:

Taula 28: Contribució solar mínima anual d'ACS en %. Font: CTE 2013 DB-HE4

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Segons la taula anterior, per complir amb la normativa vigent, s'hauria de cobrir com a mínim un 40% de la producció d'ACS mitjançant energia solar, no obstant com ja s'ha dit es pretén dissenyar una instal·lació capaç de cobrir el 70% de les necessitats d'ACS.

Pel dimensionament de la instal·lació, s'hauran de tenir en compte certes limitacions i aportacions mínimes fixades en el CTE:

Proteccions contra sobreescalfaments

- El dimensionament de la instal·lació d'ACS solar, ha de ser l'adequat per tal de no obtenir en cap dels mesos de l'any una producció superior al 110% de la demanda energètica i no més de 3 mesos amb una producció del 100% i a tals efectes no es tindran en compte aquells períodes de temps en els quals la demanda energètica es situï un 50% per sota de la demanda corresponent la resta de l'any.
- En el cas que algun més de l'any la producció solar sobrepassés el 100% de la producció, s'hauran de prendre alguna d'aquestes mesures:
 - Dissipació de la energia sobrant mitjançant equips específics preferentment passius (radiadors).
 - Tapar part dels captadors solars per reduir l'energia sobrant produïda.
 - Buidar parcialment el camp de captadors solars substituint-lo per un altre fluid de característiques similars.
 - Desviar els excedents de producció a altres aplicacions existents.
 - Equipar la instal·lació amb sistemes de buidatge i d'emplenat automàtic.

Aquestes limitacions s'estableixen al CTE per tal de no sobredimensionar les instal·lacions i fer un ús racional de les instal·lacions i l'energia obtinguda, garantint també la seguretat de la instal·lació.

Pèrdues per orientació, inclinació i ombres

Segons normativa, les pèrdues s'expressen com el percentatge de la radiació solar que incidiria sobre la superfície de captació orientada al sud, a la inclinació òptima i sense ombres. No es podran superar les següents pèrdues per orientació, ombres i totals que s'especifiquen a la següent taula.

Taula 29: Pèrdues límit establertes en el CTE DB-HE4

Tabla 2.3 Pérdidas límite			
Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

En les instal·lacions solars situades en l'hemisferi nord, es considera l'orientació òptima el sud en que la inclinació òptima varia segons el seu període d'us:

- Demanda constant: inclinació igual a la latitud geogràfica
- Demanda preferent a l'hivern: inclinació iguala a la latitud + 10°
- Demanda preferent a l'estiu: inclinació igual a la latitud -10°.

Sistemes d'acumulació solar i connexió de sistema auxiliar

El sistema d'acumulació solar s'ha de dimensionar en funció de l'energia que s'aporta al llarg del dia i no només en funció de la potència generada pels captadors solars ja que no sempre es produirà el consum en el momentet que es generi ACS.

Segons el que s'estableix en el punt 2.2.5 de la normativa (CTE), l'àrea total dels captadors haurà de tenir un valor compres entre:

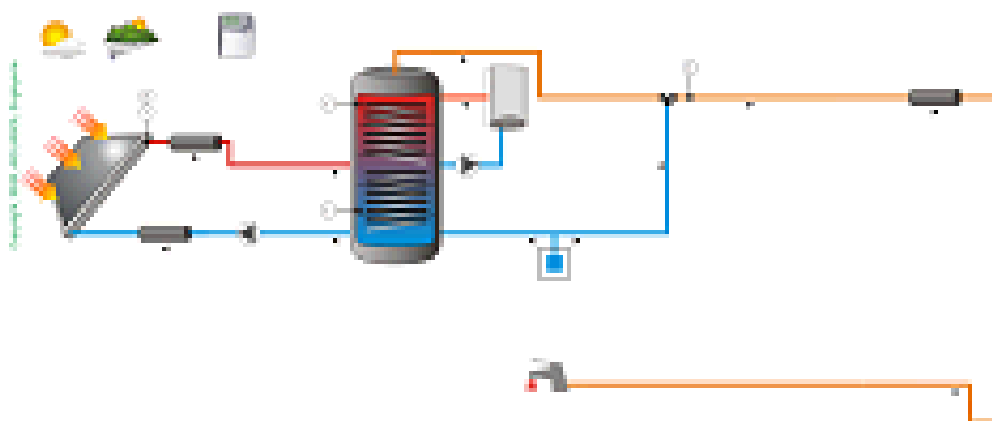
$$50 < V/A < 180 \text{ on } A \text{ és l'àrea dels captadors en m}^2 \text{ i } V \text{ la capacitat en litres de l'acumulador.}$$

També s'ha de tenir en compte que no es permet la connexió d'un sistema auxiliar en l'acumulador solar en els equips de les instal·lacions solars que vinguin preparats de fàbrica per equipar una resistència elèctrica. Per poder equipar un sistema auxiliar, s'haurà d'anul·lar aquesta possibilitat de forma permanent.

6.1.3. Disseny i càlculs

Com s'ha especificat en l'apartat anterior, es pretén dissenyar una instal·lació que compleixi amb la contribució mínima d'ACS solar establerta en la normativa i arribar a una producció que cobreixi el 70% de la demanda per poder ser considerat un edifici nZEB.

Aquesta instal·lació es compondrà d'un camp solar amb acumulació centralitzada en un únic acumulador amb un equip d'aerotèrmia que s'utilitzarà com a equip de suport per assolir la temperatura de consigna establerta pel consum d'ACS.



Imatge 103: Esquema de la instal·lació solar tèrmica d'ACS

L'edifici es troba en la zona climatològica classificada com C2 i en zona de radiació solar III, tal i com s'ha explicat en l'apartat 4.4 d'aquest projecte. Això implica que la radiació mitjana diària anual que s'espera tenir a la zona és de $15,1 \leq H < 16,6$, MJ/m², en concret segons el document "Classificació de la radiació solar mitjana diària anual en kJ/m² corresponent a la totalitat de municipis de Catalunya" elaborat per la direcció General d'Habitatges de la Generalitat de Catalunya s'obtenen de mitjana uns 14.667 kJ/m².

Considerant tant la zona climàtica com la zona de radiació solar, s'espera poder produir suficient ACS amb una instal·lació solar tèrmica relativament petita ja que el clima i la radiació són favorables per aquets tipus d'instal·lacions. A més a més la producció d'ACS que es necessita cobrir, és relativament baixa. Utilitzant la fórmula 12, s'obté una demanda de 112 l/dia (4 persones * 28 litres per persona), tal i com estableix la taula 4.1 del DB-HE4.

$$D_{\text{demanda}} = N_{\text{persones}} * (X_{\text{litres*dia}}) \quad (12)$$

On: N_{persones} = número de persones que habiten l'edifici i $X_{\text{litres dia}}$ és la demanda establerta per normativa

Taula 30: demanda d'ACS a 60°C. Font: CTE DB-HE4

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C ⁽¹⁾		
Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona

Per tal de poder realitzar els càlculs pertinents per dimensionar la instal·lació d'ACS, primer de tot es necessita conèixer quina és l'energia solar disponible en la zona. Aquesta es pot obtenir a partir de les dades de radiació incident obtingudes per les estacions meteorològiques repartides pel territori que proporcionen dades de la quantitat d'energia incident sobre una superfície horitzontal.

Cal tenir en compte que les dades obtingudes variaran segons la orientació, inclinació i possibles ombres en els captadors solars per lo que es pot utilitzar la següent fórmula:

$$R_g = k * k' * k'' * R \quad (13)$$

On

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [MJ/(m²/dia)]

k = factor corrector que depèn de la latitud,

k' = factor corrector a aplicar en plaques no orientades al sud i que dependrà de la orientació

k'' = factor corrector per ombres

R = Radiació incident sobre una superfície horitzontal

En aquest cas els captadors estaran orientats al sud amb una inclinació òptima que incrementi la producció durant els mesos d'hivern que és quan es produeix una demanda d'ACS més elevada.

Castellbisbal es troba en una latitud de 41,46°, això implica que si la demanda d'ACS fos constant durant tot l'any, les plaques haurien de tenir aquesta inclinació però com s'ha dit anteriorment, es tindrà una major demanda a l'hivern lo que implica que tal i com s'especifica en el CTE DB-HE4, la inclinació de les plaques s'incrementarà en 10°, per maximitzar el rendiment durant aquets mesos. Per tant s'han d'obtenir les dades de radiació solar sobre una superfície inclinada a 51,46° orientada al sud.

Les dades de radiació incident que s'utilitzaran per realitzar el càlcul, s'extreuen de "L'atles de radiació solar a Catalunya" realitzat per la Generalitat de Catalunya i la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya). En aquest document es poden trobar directament les dades de radiació global sobre superfícies inclinades en diferents zones de Catalunya.

En aquest cas per proximitat geogràfica, s'utilitzaran les dades disponibles de la ciutat de Barcelona que apareixen en la següent taula:

Taula 31: Radiació global diària sobre superfícies inclinades ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$) a Barcelona amb orientació sud= 0° . Font: Atles de radiació solar a Catalunya

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04	15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80	16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,60	14,14	12,94	14,67
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,80	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77	13,87
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,50	12,51	13,00
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,30	13,74	13,04	12,16	12,08

Per obtenir la radiació solar disponible en la zona, s'escullen les dades de la taula anterior corresponent a la radiació solar que rep una superfície inclinada 50° orientada al sud que és la més pròxima a la inclinació òptima de $51,46^\circ$.

En aquest cas no és necessari utilitzar la fórmula 13 ja que s'han pogut obtenir les dades de radiació directament d'una superfície inclinada orientada al sud amb la latitud corresponent per lo que els paràmetres k i k' estan considerats en la taula anterior. En quan al paràmetre k'' corresponent a les ombres, es considera que les plaques no es veuran afectades per ombres provinents d'altres edificis o obstacles per lo que no intervé en la equació.

No obstant això, aquesta no és l'energia real disponible que incideix sobre els captadors (radiació efectiva), s'ha de considerar que es produeixen pèrdues degut a: variacions en l'angle d'incidència dels raigs solars al llarg del dia, envelliment de les instal·lacions, brutícia en els captadors solars... per lo que

es multipliquen els resultats per 0,94 ja que es sol considerar que tots aquets efectes tenen un impacte negatiu del 6%⁵⁰ en la producció.

(14)

$$R_e = R_g * 0,94$$

On:

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [MJ/(m²/dia)]

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [MJ/(m²/dia)]

Aplicant la fórmula 14 s'obtenen els següents resultats recollits en la taula 32, corresponents a la radiació efectiva que indica l'energia del Sol disponible a la zona diàriament. Per obtenir l'energia disponible mensualment, només es requereix multiplicar la radiació solar efectiva pels dies que té el mes.

Taula 32: Radiació global R_g i Radiació efectiva R_e en [MJ/(m²/dia)] i [kWh/(m²/dia)]

	Radiació global R_g [MJ/(m² dia)]	Radiació efectiva R_e [MJ/(m² dia)]	Radiació global R_g [kWh/(m² dia)]	Radiació efectiva R_e [kWh/(m² dia)]
Gener	13,14	12,35	3,65	3,43
Febrer	15,32	14,40	4,26	4,00
Març	17,86	16,79	4,96	4,66
Abril	19,43	18,26	5,40	5,07
Maig	19,87	18,68	5,52	5,19
Juny	19,86	18,67	5,52	5,19
Juliol	20,00	18,80	5,56	5,22
Agost	20,02	18,82	5,56	5,23
Setembre	19,03	17,89	5,29	4,97
Octubre	16,72	15,72	4,64	4,37
Novembre	14,13	13,28	3,93	3,69
Desembre	12,53	11,78	3,48	3,27
Mitja	17,33	16,29	4,81	4,52

El següent pas consisteix en calcular la quantitat d'energia requerida segons la demanda d'ACS de l'edifici. Com s'ha remarcat en diverses ocasions, la demanda diària d'ACS pera 4 persones és de 112 litres. L'energia requerida per generar l'ACS necessària diàriament es calcula com:

(15)

$$E_d = D_{\text{demanda}} * C_p * \Delta T$$

⁵⁰ Percentatge de pèrdues utilitzat pels instal·ladors, segons el llibre utilitzat coma a referència "Energía solar térmica técnicas para su aprovechamiento" autor Pedro Rufes Martínez, professor de la EUETIB-UPC

On:

E_d = Energia demandada en [kWh/dia]

D_{demanda} = Demanda d'ACS [litres · dia]

C_p = calor específica de l'aigua 4,187 kJ/(Kg K)

ΔT = diferència entre la temperatura de l'aigua de consum T_c i l'aigua subministrada per la xarxa T_x (salt tèrmic)

Per utilitzar aquesta fórmula prèviament cal conèixer la temperatura de l'aigua subministrada a Castellbisbal. Tot i que s'ha contactat amb l'empresa distribuïdora d'aigua de Castellbisbal (Aigua Castellbisbal S.A) i l'ajuntament, no han pogut facilitar la informació referent a la temperatura mensual mitja de l'aigua distribuïda en la localitat, per això s'utilitzarà la taula B.1 del CTE DB-HE apèndix B en la que s'especifiquen les temperatures mitjanes de l'aigua en les capitals de província.

En aquest cas Castellbisbal, li correspon la capital de província de Barcelona per lo que s'utilitzaran aquestes dades que apareixen en la taula 33.

Taula 33: Fragment de la Taula B.1 amb les dades de temperatura mitja mensual d'aigua freda °C. Font CTE DB-HE

Capital de provincia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
A Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alacant	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao/Bilbo	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón/Castelló	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11

Per tal d'ajustar les temperatures d'aigua mostrades a les temperatures reals de la localitat, en la pròpia normativa s'ofereix una fórmula que es pot utilitzar en els casos en que la localitat en que es vol realitzar la instal·lació solar no coincideix amb la capital de província. Amb aquesta fórmula 16, ajusta la temperatura de l'aigua de la capital de província escollida, per obtenir la temperatura en la localitat a estudiar tenint en compte: l'altura en que es situa aquesta i el paràmetre B que varia segons els mesos de l'any.

(16)

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B * A_Z$$

On:

T_{AFY} = Temperatura aigua freda en la localitat a estudiar

T_{AFCP} = Temperatura aigua freda en la capital de província

B= Paràmetre amb valor 0,0066 els mesos d'octubre a març i amb valor 0,0033 els mesos d'abril a setembre.

A_Z = Altura en que es situa la localitat a estudiar

Aplicant la fórmula 16, s'obtenen les següents temperatures d'aigua freda a Castellbisbal:

Taula 34: Temperatura de l'aigua freda distribuïda a Barcelona i Castellbisbal en °C Font: CTE DB-HE

	Temperatura aigua freda província °C	Temperatura aigua freda Castellbisbal Tx°C
Gener	9,0	8,1
Febrer	10,0	9,1
Març	11,0	10,1
Abril	12,0	11,6
Maig	14,0	13,6
Juny	17,0	16,6
Juliol	19,0	18,6
Agost	19,0	18,6
Setembre	17,0	16,6
Octubre	15,0	14,1
Novembre	12,0	11,1
Desembre	10,0	9,1
Mitja	13,8	13,1

Amb la temperatura de l'aigua subministrada en la localitat, ja es pot procedir a calcular l'energia necessària per incrementar-ne la temperatura fins a una temperatura de consum $T_c=60^\circ\text{C}$ amb la fórmula 15 obtenint els següents resultats:

Taula 35: Energia demandada per a generar ACS a 60 °C Ed en [kWh/dia] i [kWh/mes]

	Temperatura agua de consum Tc °C	Temperatura aigua de la xarxa Tx °C	ΔT= Tc-Tx °C	Consum mensual d'ACS [litres]	Energia demandada Ed [kWh/dia]	Energia demandada Ed [kWh/mes]
Gener	60	8,10	52	3472	6,76	209,58
Febrer	60	9,10	51	3136	6,63	185,65
Març	60	10,10	50	3472	6,50	201,50
Abril	60	11,60	48	3360	6,30	189,14
Maig	60	13,60	46	3472	6,04	187,37
Juny	60	16,60	43	3360	5,65	169,60
Juliol	60	18,60	41	3472	5,39	167,18
Agost	60	18,60	41	3472	5,39	167,18
Setembre	60	16,60	43	3360	5,65	169,60
Octubre	60	14,10	46	3472	5,98	185,35
Novembre	60	11,10	49	3360	6,37	191,09
Desembre	60	9,10	51	3472	6,63	205,54
Mitja	60	13,1	47	3407	6,11	185,82
					TOTAL anual kWh	2228,79

En la taula 35 es pot observar com l'energia demandada Ed és inferior els mesos més calorosos ja que hi ha major disponibilitat d'energia solar i la ΔT entre l'aigua de consum i l'aigua subministrada és menor que els mesos més freds. Amb una demanda anual total d'energia de **2228,79 kWh**.

Coneixent l'energia solar disponible (radiació efectiva) i l'energia demandada per generar l'ACS de l'edifici, ja es pot procedir a calcular els últims paràmetres que permeten dimensionar la instal·lació solar d'ACS.

El rendiment que ofereixen els panells solars escollits segons les seves característiques, es calcula com:

$$\eta = C_0 - (C_1 + C_2 * \Delta T') * \left(\frac{\Delta T'}{I_s} \right) \text{ amb } \Delta T' = \frac{T_x + T_c}{2} - T_A \text{ i } I_s = \frac{R_e}{H_{sol}} \quad (17)$$

On:

η = el rendiment del captador solar escollit

C_0 = Coeficient de rendiment òptic propi del captador escollit

C_1 =Coeficient de pèrdues tèrmiques propi del captador escollit

C_2 = Coeficient quadràtic de pèrdues tèrmiques propi del captador escollit

$\Delta T'$ = és la temperatura mitja del menys ΔT menys la temperatura ambient T_a



I_s = Intensitat de la radiació efectiva resultat de dividir la radiació efectiva R_e entre les hores de sol H_{sol}

Les temperatures diàries i les hores de sol que s'utilitzen en els càlculs, són les que apareixen en la següent taula.

Taula 36: Temperatura mitja diària a la província de Barcelona i hores de llum solar a Catalunya. Font: Institut Català de Meteorologia Quadern pràctic número 3 titulat "Energia solar Tèrmica" Generalitat de Catalunya

Mes	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Lleida	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8
Tarragona	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12
Girona	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10
Barcelona	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12

Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

Per procedir amb els càlculs, és necessari especificar quins captadors solars s'escullen, en aquest cas el captador solar tèrmic escollit, és de la marca Vaillant model VFK 135 VD, aquesta placa està especialment dissenyat per reduir a nivell domèstic ACS. S'ha escollit aquest model pel seu alt rendiment, durabilitat i fiabilitat amb els següents característiques tècniques. A l'annex F, es troben les característiques del captador solar.

Taula 37: Característiques tècniques del captador solar Vaillant auro THERM VFK 135 VD

Datos técnicos del captador auroSTEP plus	
Modelo de captador Descripción Contraseña de certificación Área bruta / Área de apertura Largo / Ancho / Espesor Rendimiento óptico η_0 (según EN 12975) Coef. lineal de pérdidas térmicas a^1 Coef. cuadrático de pérd. térmicas a^2 Temperatura de estancamiento T_0 Cubierta Material de la carcasa Material del serpentín Material del absorbedor Aislamiento posterior Presión máxima de operación Pérdida de carga* Peso en vacío Número de conexiones y diámetro	auroTHERM VFK 135 VD Plano con cubierta. Estructura de serpentín con 4 tomas Especial para funcionamiento drain-back. Posición vertical NPS-24008 2,510 m ² / 2,352 m ² 2.033 mm / 1,233 mm / 80 mm 0,801 3,761 w / (m ² K) 0,012 w / (m ² K ²) 175,9 °C 3,2 mm vidrio solar de seguridad ($\tau=91\%$) Aluminio anodizado, marco oscuro Cobre soldado a la lámina absorbidora Aluminio con recubrimiento altamente selectivo $\epsilon = 5\%$ / $\alpha = 95\%$ 40 mm lana mineral $\lambda = 0,035$ (W / m ² K) / $\rho = 55$ kg / m ³ 10 bar 250 mbar 37 kg 4 tomas x Ø ext. 10 mm

Aplicant la fórmula 17 per calcular el rendiment dels captadors, s'obtenen els següents resultats:

Taula 38: Dades i càlculs necessaris per calcular el rendiments dels captadors solars escollits

	Ta (°C)	Tx (°C)	Tc (°C)	$\Delta T =$ $((T_x + T_c)/2) - T_a$	Hsol [hores]	Is=Re/Hsol [w/m ²]	Rendiment = $\eta = C_0 -$ $(C_1 + C_2 * \Delta T) * (\Delta T / I_s)$
Gener	11,0	8,1	60	23,1	7,5	457,47	0,598
Febrer	12,0	9,1	60	22,6	8	500,03	0,619
Març	14,0	10,1	60	21,1	9	518,16	0,638
Abril	17,0	11,6	60	18,8	9,5	534,04	0,661
Maig	20,0	13,6	60	16,8	9,5	546,13	0,679
Juny	24,0	16,6	60	14,3	9,5	545,86	0,698
Juliol	26,0	18,6	60	13,3	9,5	549,71	0,706
Agost	26,0	18,6	60	13,3	9,5	550,26	0,706
Setembre	24,0	16,6	60	14,3	9	552,10	0,699
Octubre	20,0	14,1	60	17,1	9	485,09	0,661
Novembre	16,0	11,1	60	19,6	8	461,19	0,631
Desembre	12,0	9,1	60	22,6	7	467,39	0,606
Mitja	18,5	13,1	60	18,0	8,75	513,95	0,659
C0= 0,801 C1=3,761 W(m² k) C2=0,012 w(m² k)							

En la taula 38, es poden observar els rendiments de les plaques que s'obtenen cada més, situant-se en una mitjana d'aproximadament el 67%.

Amb el rendiment mensual dels captadors, es pot calcular quina energia s'extreu de la radiació solar aprofitada pel captador R_c [kWh/(m² dia)] multiplicant el rendiment dels captadors per la radiació solar efectiva:

(18)

$$R_c = R_e * \eta$$

On:

R_c = Radiació solar aprofitada pel captador [kWh/(m² dia)]

R_e = Radiació efectiva que incideix sobre una superfície [[kWh /(m²/dia)]

η = el rendiment del captador solar escollits

Aplicant la fórmula 18 s'obté la radiació solar aprofitada pels captadors solars:

Taula 39: Radiació solar aprofitada pels captadors en [[kWh/(m²/dia)]

	Radiació efectiva Re [kWh/(m² dia)]	Rendiment = $\eta = C0 - (C1 + C2 * \Delta T) * (\Delta T / I_s)$	Radiació aprofitada pel captador solar Rc [kWh/(m² dia)]
Gener	3,43	0,597	2,05
Febrer	4,00	0,619	2,48
Març	4,66	0,638	2,97
Abril	5,07	0,661	3,35
Maig	5,19	0,679	3,52
Juny	5,19	0,698	3,62
Juliol	5,22	0,706	3,69
Agost	5,23	0,706	3,69
Setembre	4,97	0,699	3,47
Octubre	4,37	0,661	2,89
Novembre	3,69	0,631	2,33
Desembre	3,27	0,606	1,98
Mitja	4,52	0,659	3,00

L'objectiu és cobrir la major quantitat de necessitats d'ACS mitjançant energia solar, per això cal calcular quina superfície es necessita per cobrir el 100% de la demanda. Coneixent aquest valor, es podrà decidir quin número de plaques solars s'han d'instal·lar i calcular la demanda d'ACS que cobreixen.

Abans de procedir amb aquest càlcul, s'ha de calcular la radiació solar aprofitada pel sistema d'ACS solar Rs [kWh/(m² dia)]. Aquesta radiació és la que aprofita realment el sistema ja que té en compte les pèrdues produïdes en tota la instal·lació de captació d'energia des de la seva producció fins el seu consum.

En aquest cas es consideren unes pèrdues del 30% ja que el sistema de suport i emmagatzematge es situa al garatge 15m per sota d'on es troben els captadors solars i es poden produir unes pèrdues considerables. A més a més es podrien produir altres pèrdues no contemplades en el sistema per lo que es considera que amb un 30% de pèrdues és suficient per considerar-les totes.

Aplicant unes pèrdues del sistema del 30% sobre la radiació aprofitada pel captador, s'obté l'energia solar aprofitada per la instal·lació solar d'ACS:

Taula 40: Radiació aprofitada pel sistema considerant un rendiment del 70%

	Radiació aprofitada pel captador solar Rc [kWh/(m ² dia)]	Radiació aprofitada pel Sistema solar Rs [kWh/(m ² dia)]	Radiació aprofitada pel Sistema solar Rs [kWh/(m ² mes)]
Gener	2,05	1,44	44,49
Febrer	2,48	1,73	48,55
Març	2,97	2,08	64,56
Abril	3,35	2,35	70,39
Maig	3,52	2,47	76,46
Juny	3,62	2,53	76,01
Juliol	3,69	2,58	80,02
Agost	3,69	2,58	80,11
Setembre	3,47	2,43	72,95
Octubre	2,89	2,02	62,68
Novembre	2,33	1,63	48,94
Desembre	1,98	1,39	43,06
Mitja	3,00	2,10	64,02
		TOTAL anual kWh/m²	768,21

La radiació aprofitada pel sistema solar és de **768,21 kWh/m²** anualment.

Ara ja es pot procedir a calcular quina superfície de captadors solars es necessitaran per cobrir les necessitats d'ACS, utilitzant la següent fórmula:

(19)

$$S = \frac{f * E_d}{R_s}$$

On:

S= és la superfície en m² de captadors solars tèrmics per cobrir el 100% de les necessitats d'ACS

f= és el factor de cobertura solar amb valors compresos entre [0 , 1]

E_d= Energia demandada en [kWh/dia]

R_s = radiació solar aprofitada pel sistema [kWh/(m² dia)]

En la següent taula es troben les superfícies de captadors necessaris per cobrir el 100% de les necessitats d'ACS de l'edifici cada mes. En aquest cas el valor de f=1 ja que es vol conèixer quina superfície de captadors es necessita per cobrir el 100% de la demanda.

Taula 41: Superfície de captació necessària en m² per cobrir el 100% de la demanda d'ACS

	Energia demandada Ed [kWh/dia]	Radiació aprofitada pel Sistema solar Rs [kWh/(m ² dia)]	S= (f*Ed)/Rs [m ²]
Gener	6,76	1,44	4,71
Febrer	6,63	1,73	3,82
Març	6,50	2,08	3,12
Abril	6,30	2,35	2,69
Maig	6,04	2,47	2,45
Juny	5,65	2,53	2,23
Juliol	5,39	2,58	2,09
Agost	5,39	2,58	2,09
Setembre	5,65	2,43	2,32
Octubre	5,98	2,02	2,96
Novembre	6,37	1,63	3,91
Desembre	6,63	1,39	4,77
Mitja	6,11	2,10	2,70

Observant la taula 41 s'identifica clarament com en els mesos d'hivern és necessita més superfície de captació que en els mesos d'estiu per cobrir el 100% de la demanda d'ACS. Degut a que la radiació solar, les hores de sol i la temperatura de l'aigua de la xarxa són més desfavorables a l'hivern que a l'estiu per aquest tipus d'instal·lacions, obtenint un rang de superfície de captació màxima a l'hivern de 4,77m² i un mínima a l'estiu amb 2,09m².

Amb els resultats obtinguts, es determina que la instal·lació ha d'estar composta per una superfície de captadors compresa entre [2,09 i 4,77] m². Els captadors escollits tenen una superfície de captació de 2,35m² lo que implica que es poden instal·lar entre 1 o 2 captadors solars.

A continuació es calcula quina quantitat d'energia s'obté amb 1 i 2 plaques i el percentatge d'ACS que es cobreix. Per fer-ho, únicament fa falta aplicar la següent fórmula en que es divideix la quantitat d'energia demanda i l'energia produïda pel sistema obtenint així el percentatge de cobertura solar f amb 1 i 2 captadors.

(20)

$$f(\%) = \frac{N_{captadors} * S_{captador} * R_s}{E_d} * 100$$

On:

f(%)= Percentatge de cobertura solar d'ACS de la instal·lació solar

E_d= Energia demandada en [kWh/dia]

$N_{\text{captadors}}$ = número de captadors que formen el sistema

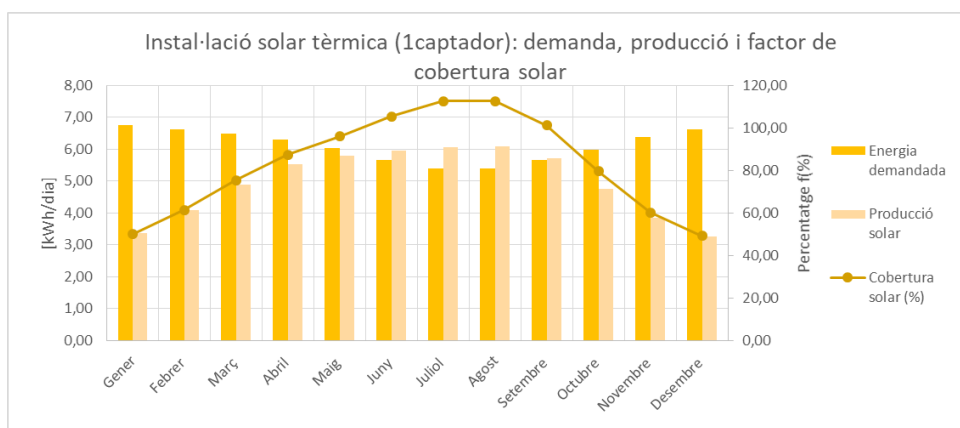
$S_{\text{captadors}}$ = Superfície d'un captador en $[m^2]$

R_s = radiació solar aprofitada pel sistema $[kWh/(m^2 \text{ dia})]$

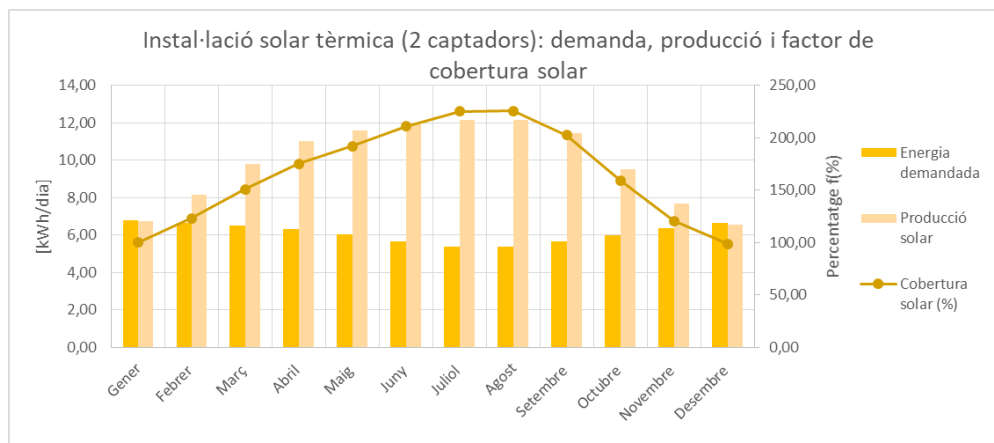
Aplicant la fórmula 20 s'obté el factor de cobertura solar per cada més amb 1 i 2 captadors solars:

Taula 42: Factor de cobertura mensual i anual amb 1 i 2 captadors Vaillant model auro THERM VFRK 135 VD de $S=2,352 m^2$

	Factor de cobertura solar amb 1 captador [%]	Factor de cobertura solar amb 2 captadors [%]
Gener	49,93	99,86
Febrer	61,50	123,01
Març	75,35	150,71
Abril	87,53	175,06
Maig	95,98	191,95
Juny	105,41	210,82
Juliol	112,58	225,16
Agost	112,71	225,42
Setembre	101,17	202,34
Octubre	79,54	159,07
Novembre	60,23	120,47
Desembre	49,27	98,54
Factor de cobertura anual [%]	82,60	165,20



Gràfic 53: Demanda d'ACS, producció solar i factor de cobertura amb 1 captador solar



Gràfic 54: Demanda d'ACS, producció solar i factor de cobertura amb 2 captadors solars

En la taula 43, es pot observar la producció d'energia solar tèrmica obtinguda diàriament i mensualment per cada més de l'any amb 1 i 2 captadors solars.

Taula 43: producció energètica obtinguda amb 1 i 2 captadors Vaillant model auro THERM VFRK 135 VD

1 Captador solar Vaillant AURO therm VFK 135VD													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL
S1 [m²]	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	
f1 [%] amb S1	49,93%	61,50%	75,35%	87,53%	95,98%	105,41%	112,58%	112,71%	101,17%	79,54%	60,23%	49,27%	82,60%
Qsol1 [KWh/ dia]	3,38	4,08	4,90	5,52	5,80	5,96	6,07	6,08	5,72	4,76	3,84	3,27	
Qsol1 [KWh/mes]	104,6	114,2	151,8	165,6	179,8	178,8	188,2	188,4	171,6	147,4	115,1	101,3	1806,84
2 Captadors solars Vaillant AURO therm VFK 135VD													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL
S2 [m²]	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	
f2 [%] amb S2	99,86%	123,01%	150,71%	175,06%	191,95%	210,82%	225,16%	225,42%	202,34%	159,07%	120,47%	98,54%	165,20%
Qsol2 [KWh/dia]	6,75	8,16	9,80	11,04	11,60	11,92	12,14	12,16	11,44	9,51	7,67	6,53	
Qsol2 [KWh/mes]	209,28	228,36	303,68	331,10	359,66	357,55	376,42	376,85	343,18	294,85	230,20	202,55	3613,67

Comparant els gràfics 53 i 54, i la taula 43, es determina que amb un sol captador es cobreix un 82,6% de la demanda d'ACS anual superant l'objectiu del 70%. No es possible instal·lar 2 captadors ja que es té durant pràcticament tots els mesos de l'any sobreproducció d'energia amb un factor de cobertura anual de 165,20%.

Per tant amb un únic captador de $S = 2,352 \text{ m}^2$ orientat al sud amb una inclinació de $51,46^\circ$, es podria cobrir el 82,60% de les necessitats d'ACS de l'edifici amb sobreproducció d'energia els mesos de juny, juliol, agost i setembre. A l'annex A es troba la taula Excel amb la que s'han realitzat tots els càlculs.

Finalment s'ha de dimensionar un acumulador per l'ACS, en aquest s'acumula l'aigua calenta per tal de poder ser utilitzada al llarg del dia. En el seu interior, es situa un segon intercanviador de calor el qual manté la temperatura de l'aigua a la temperatura de consigna quan es necessària traves de l'equip auxiliar, en aquest cas l'equip d'aerotèrmia.

L'acumulador escollit ha de complir amb la següent fórmula establerta en el CTE DB-HE, en que el la capacitat de l'acumulador a instal·lar compleixi que:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (21)$$

On:

V = la capacitat de l'acumulador en litres

A= la superfície del camp de captadors solars

Al tenir una demanda de 112l diaris d'ACS, s'escull un acumulador de 300l marca Roca MODEL AS300-2E, que compleix amb la condició establerta en la equació anterior: **300/2,352 =127,55 OK**

Les característiques tècniques de l'acumulador són les següents (més informació del producte a l'annex F):

Taula 44: Característiques tècniques

		AS 300-2E
Volumen ACS	l	300
Tipo de intercambiador		2 serpentines
Superficie serpentín inferior	m²	1,00
Volumen serpentín inferior	l	10,10
Superficie serpentín superior	m²	1,50
Volumen serpentín superior	l	6,70
Instalación		Vertical
Presión máx. primario	bar	10
Temp. máx. primario	°C	110
Presión máx. secundario	bar	10
Temp. máx. secundario	°C	95
Clase de eficiencia energética		C
Peso en vacío	kg	128



6.1.4. Validació del compliment del HE4

En l'aparat anterior, s'ha dissenyat i calculat la instal·lació solar tèrmica per cobrir més del 70% de les necessitats tèrmiques de l'edifici i s'ha assolit segons càlculs realitzats un factor de cobertura solar del 82,60%. Segons normativa en el cas estudiat, la instal·lació solar ha de cobrir com a mínim el 40% de les necessitat d'ACS de l'edifici tal i com s'ha explicat en l'apartat 6.1.2 titulat "normativa".

Amb el factor solar obtingut anteriorment del 82,60%, s'entén que la instal·lació sí compleix amb els requisits normatius, no obstant es procedirà a verificar-ho utilitzant el programa CHEQ4.

Aquest programa elaborat per l'IDAE ("Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía") i la ASIT ("Asociación Solar de la Industria Térmica"), s'utilitza per verificar el compliment i avaluació de la secció HE4 del CTE DB-HE i no pel disseny d'instal·lacions.



Imatge 104: Programa CHEQ4 per a la validació del compliment del HE4 en instal·lacions tèrmiques

Per poder-lo utilitzar s'haurà de definir en el programa la ubicació, el tipus i els elements que conformen la instal·lació solar tèrmica definida en l'apartat anterior. En funció de les dades introduïdes, el programa calcularà la contribució solar mínima exigida en el HE4. En el cas de complir la normativa, es generarà automàticament un document de validació en que apareixen els principals paràmetres de la instal·lació.

La introducció de les dades en el programa consta de 5 passos:

1. **Localització:** s'escull la localitat i l'altura en que s'ubicarà la instal·lació, en aquest cas Castellbisbal a 132m d'altura. Amb aquestes dades el programa obté la radiació solar de la zona en MJ/m², la temperatura de l'aigua de la xarxa en °C i la temperatura ambient

	Rad(MJ/m ²)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	7,8	8,3	7,7
Febrero	11,3	9,3	8,4
Marzo	15,6	10,3	10,0
Abril	20,5	11,3	11,7
Mayo	23,3	13,3	14,9
Junio	25,6	16,3	18,6
Julio	26,4	18,3	21,8
Agosto	22,0	18,3	21,9
Septiembre	17,2	16,3	19,9
Octubre	12,0	14,3	16,0
Noviembre	8,3	11,3	11,4
Diciembre	6,9	9,3	8,5
Promedio	16,4	13,1	14,2

Imatge 105: Introducció de dades al programa CHEQ4, localització

2. **Configuració:** s'escull la configuració del sistema solar tèrmic, en concret s'escull instal·lació solar amb Inter acumulador.

Imatge 106: Introducció de dades al programa CHEQ4, configuració

3. **Demanda:** s'especifica a que es destinarà la instal·lació i el numero de persones que ha d'abastir. L'opció escollida és habitatge per a cobrir les necessitats de 4 persones. Amb aquestes dades el programa calcula el consum d'ACS previst que és de 112l d'ACS al dia.

Imatge 107: Introducció de dades al programa CHEQ4, demanda

4. **Solar / auxiliar:** en aquest apartat, s'ha d'escollir la marca i model dels captadors solars utilitzats, el numero de captadors, percentatge de pèrdues per ombres, orientació, i inclinació dels captadors. També s'han d'introduir el percentatge d'anticongelant en el circuit primari, la longitud del circuit en metres, i els aïllaments dels tubs que formen la instal·lació solar. Així com també el sistema auxiliar utilitzat. Les dades introduïdes en aquest apartat es poden veure la següent imatge del programa

Imatge 108: Introducció de dades al programa CHEQ4, solar / auxiliar

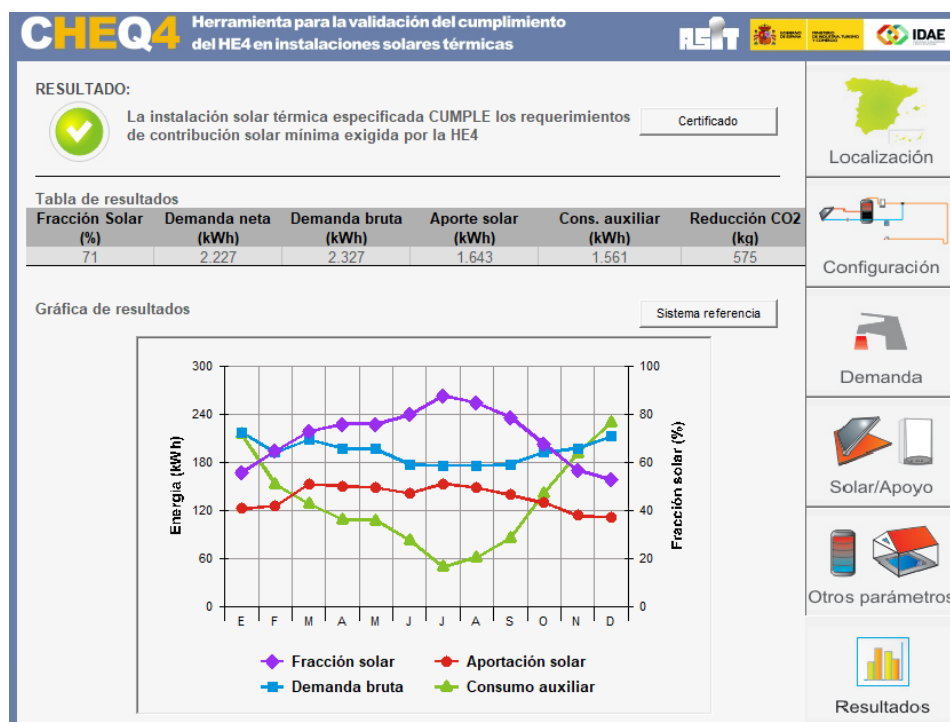
Cal remarcar que les característiques tècniques del model de placa escollit (Vaillant VFK 135 VD) que conte el programa varien lleugerament de les proporcionades en la pàgina web del fabricant, per lo que això afectarà en els resultats obtinguts pel programa.

També s'ha de ressaltar que el programa no té la opció d'incorporar un equip d'aerotèrmia com a sistema auxiliar (equip previst en aquest projecte) per lo que s'ha tingut que escollir com a sistema auxiliar una caldera elèctrica, sent aquesta la tecnologia més semblant a la aerotèrmica. Aquest fet afectarà únicament als paràmetres obtinguts de consum del sistema auxiliar i d'emissions de CO₂ i no al càlcul de la instal·lació solar.

5. **Altres paràmetres:** En aquest apartat s'introdueix la capacitat de l'acumulador escollit (300l) i la configuració del circuit de distribució d'ACS.

Imatge 109: Introducció de dades al programa CHEQ4, altres paràmetres

Finalment amb totes aquestes dades introduïdes, el programa calcula el factor de cobertura solar de la instal·lació en %, la demanda neta d'energia en kWh, la demanda bruta d'energia en kWh, la quantitat d'energia que ha d'aportar el sistema auxiliar per cobrir el 100% de la demanda d'ACS al llarg de l'any, el consum del sistema auxiliar en kWh i l'estalvi d'emissions contaminants de CO₂ al utilitzar una instal·lació solar tèrmica.



Imatge 110: resultats obtinguts pel programa CHEQ4

Com es pot observar en la imatge 110, segons el programa la instal·lació solar dissenyada pot cobrir el 71% de la demanda d'ACS anual de l'edifici obtenint un resultat positiu en quan la exigència de compliment de la contribució solar mínima del 40% exigida en el DB-HE4.

Aquest factor de cobertura solar és un 11,6% inferior a la obtinguda en l'apartat anterior (82,6%). Això pot ser degut a varis factors com pot ser la metodologia del càlcul utilitzat, el percentatge de pèrdues de la instal·lació considerat...

Un dels factors principals que podrien explicar aquest resultat, es troba les dades de radiació solar que utilitza el programa. Aquestes tenen un valor inferior a les escollides en l'apartat (6.1.3 disseny i càlculs), és evident que si l'energia disponible és menor, també serà menor l'energia obtinguda pel sistema i el factor de cobertura solar. Una altre explicació és la lleugera variació de les característiques tècniques de la placa Vaillant del programa que difereixen de les proporcionades en la pàgina web i que afecten a l'energia obtinguda per les plaques.

Tot i això, el programa dona per vàlida la instal·lació dissenyada amb un rendiment considerable, del 71% que supera l'objectiu del 70% fixat inicialment. Per tant amb tot això es pot considerar que el factor de cobertura solar anual que se'n pot extreure de la instal·lació plantejada, es troba entre [71% - 82,6%]. Agafant com a factor de cobertura solar del sistema d'ACS solar, el valor mig d'aquest interval de rendiments, sobre un rendiment del 76,8% i per tant es pot considerar complert l'objectiu de cobrir

les necessitats d'ACS de l'edifici del 70% fixat. En l'annex G, s'adjunta l'informe de resultats generat pel programa i que certifica el compliment de la contribució solar mínima del 40% exigida pel CTE.

La ubicació de la instal·lació solar d'ACS i l'esquema de la instal·lació, corresponen als plànols 7 i 8.

6.1. Instal·lació de refrigeració, calefacció i suport ACS

Per cobrir les necessitats de calefacció, refrigeració i suport al sistema d'ACS solar, s'opta per utilitzar un equip d'aerotèrmia, que segons les directives 2003/54/CE i 2009/28/CE utilitza energia procedent de fonts d'energia renovable (energia tèrmica emmagatzemada en l'aire). S'ha escollit aquesta tecnologia per la gran versatilitat que ofereix, en un únic equip es poden cobrir les necessitats de calefacció, refrigeració i ACS amb un menor cost que la geotèrmia⁵¹. A més a més aproximadament $\frac{3}{4}$ parts de l'energia que s'utilitza per cobrir les diferents necessitats, prové de l'energia emmagatzemada en l'aire ambient (gratuïta i no contaminant) obtenint un alt rendiment i eficiència energètica.

Aquesta instal·lació s'ubicarà en el garatge prop del dipòsit d'acumulació d'ACS solar, per tal de poder utilitzar-se com a equip auxiliar en el cas que la instal·lació solar tèrmica no pugui assolir per si sola la temperatura d'ACS fixada per consigna. La ubicació i l'esquema de la instal·lació, es poden trobar en el plànols 9 i 10.

6.1.1. Marc teòric i funcionament

Aquesta tecnologia es basa en aprofitar l'energia tèrmica emmagatzemada en l'aire ambient per cobrir les necessitats de calefacció, refrigeració i ACS, mitjançant una bomba de calor.

Les bombes de calor són màquines tèrmiques que transfereixen energia tèrmica d'un ambient a un altre mitjançant un líquid refrigerant, el qual sofreix transformacions físiques passant d'estat líquid a gas (absorbeix energia) o de gas a líquid (allibera energia).

Per tal d'explicar el funcionament d'aquesta màquina, cal conèixer quines són les lleis termodinàmiques per les quals es regeix:

- **Primer principi de la termodinàmica:** aquest principi estableix que l'energia interna d'un sistema canviarà si s'aplica treball sobre el sistema o si es produeix un intercanvi de calor amb l'entorn.

(22)

$$\Delta U = Q - W$$

⁵¹ La geotèrmia utilitza els mateixos principis teòrics de funcionament que la aerotèrmia però al utilitzar com a font d'energia renovable l'energia tèrmica de la terra, l'equip té un cost més elevat.

On:

ΔU = variació d'energia interna

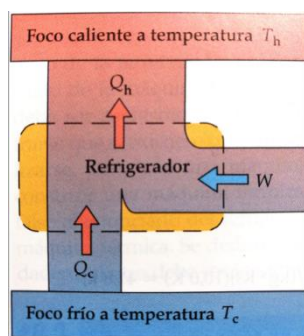
Q = Calor aportada o extreta al sistema

W = Treball que realitza el sistema o que es realitza sobre el sistema

- **Segon principi de la termodinàmica:** estableix restriccions en les transferències energètiques establertes en el primer principi.
 - **Enunciat Rudolf Clausius:** *“és impossible que en un procés s'obtingui com a únic resultat la transferència d'energia en forma de calor d'un objecte a un altre a major temperatura”.*
 - **Enunciat Lord Kelvin:** *“és impossible que es pugui extreure energia en forma de calor d'una sola font tèrmica i convertir-la completament en treball sense que es produeixin canvis nets en el sistema o en el medi que l'envolta”.*

El flux espontani de calor sempre és unidireccional i va dels cossos de major temperatura als de menor temperatura fins assolir l'equilibri tèrmic.

Amb aquest dos principis de la termodinàmica, es pot dir que una bomba de calor és una màquina tèrmica que funciona en sentit invers al habitual, extreu calor d'un focus fred i el cedeix a un focus calent. Per fer-ho, segons el primer principi de la termodinàmica i l'enunciat de Rudolf Clausius, s'ha d'aportar un cert treball sobre el sistema per tal de poder fer aquesta transferència d'energia.

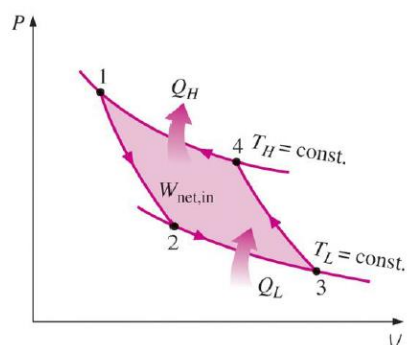


Imatge 111: Procés de transferència de calor d'un focus fred a un calent aportant treball-
Font: Tipler Mosca física para la ciencia y la tecnología Volumen 1

Això és precisament el que fa l'aerotèrmia, inverteix el flux natural de transferència de calor, aportant una petita quantitat de treball a través d'un o varis compressors, podent així extreure calor d'un ambient a baixa temperatura i cedir-lo a un ambient a major temperatura, tal i com es pot observar en la imatge 111. Sota aquest principi, s'aconsegueix calefactar un edifici a l'hivern transferint calor de l'exterior i cedint-lo a l'interior, mentre que a l'estiu es refrigera l'edifici transferint calor de l'interior i cedint-lo a l'exterior.

L'aportació de treball que s'ha de realitzar sobre el sistema, es treball mecànic que realitza un compressor, alimentat amb electricitat. Aquest treball mecànic s'aplica sobre el refrigerant el qual té un baix punt d'ebullició, fet que li permet passar d'estat líquid a gasos i viceversa amb temperatures relativament baixes. Els canvis físics soferts en el gas, es poden descriure amb el cicle de Carnot (gràfic 55), en el qual es poden observar les diferents

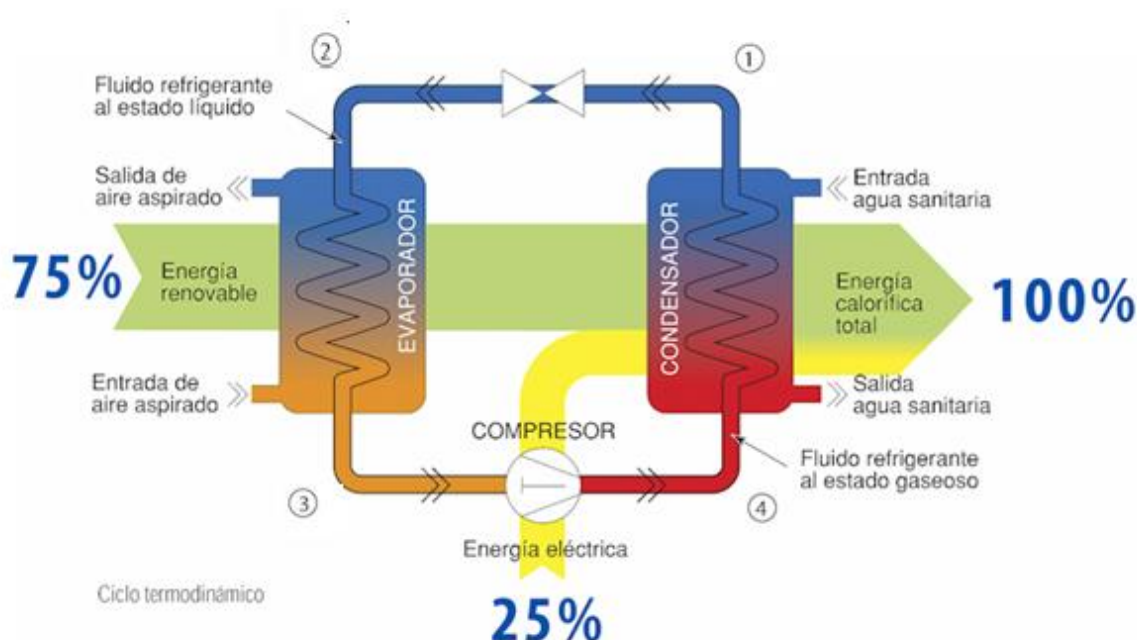
variacions de pressió, temperatura i volum del gas amb el qual s'aconsegueix realitzar la transferència de calor.



Gràfic 55: Cicle de Carnot, refrigeració.

Seguint aquest gràfic, es pot descriure el funcionament d'un equip d'aerotèrmia i de qualsevol equip que funcioni amb una bomba de calor (nevera, congeladors, aire condicionat...) compost per 4 etapes (expansió, compressió, condensació i evaporació):

- **Expansió 1→2:** el gas refrigerant perd energia tèrmica i es refreda.
- **Evaporació 2→3:** es realitza el canvi d'estat del refrigerant, d'estat líquid a estat gasos absorbint energia tèrmica de l'aire.
- **Compressió 3→4:** s'incrementa la temperatura del refrigerant gràcies a l'aportació de treball al sistema a través del compressor.
- **Condensació 4→1:** el gas refrigerant es condensa passant d'estat gasos a líquid alliberant energia tèrmica.



Imatge 112: Cicle termodinàmic d'un equip d'aerotèrmia (ACS) Font: <http://www.aplicasol.com>

Aquets equips estan formants normalment per dues unitats:

- Unitat exterior on s'allotja la bomba de calor i s'ubica l'intercanviador de calor per absorbir o cedir energia tèrmica de l'exterior.
- Unitat interior on s'allotja tot el sistema de control, el dipòsit d'acumulació d'ACS i un dipòsit d'inèrcia per la calefacció/refrigeració d'instal·lació opcional depenen de les necessitats.

En tot aquest procés, l'energia elèctrica consumida pel sistema s'encarrega de fer funcionar el compressor que permet la realització del cicle anteriorment descrit i els diferents elements que componen la instal·lació. Aproximadament per cada 4 kW d'energia tèrmica generats pel sistema, 1kW correspon a l'energia elèctrica i els 3kW restants corresponen a l'energia tèrmica de l'aire.

El rendiment d'aquets sistemes és molt elevat i es defineix mitjançant el COP (Coeficient d'eficiència en mode calefacció) i EER (factor d'eficiència en mode refrigeració). Aquets coeficients indiquen la quantitat de calor útil que genera la bomba de calor per cada kWh d'electricitat que es consumeix en condicions controlades de laboratori i que solen tenir un valor de COP 3-5.

(23)

$$COP = \frac{Q_c}{W}; EER = \frac{Q_f}{W}$$

On:

Q_c = capacitat de calefacció en kWh

Q_f = capacitat de refrigeració en kWh

W = la quantitat d'electricitat consumida pel sistema en kWh

També es pot expressar els rendiments d'aquest equips amb el SCOP i SEER, aquest són els rendiments estacionaris calculats a partir d'una demanda de calefacció i refrigeració de referència. En qualsevol cas, els rendiments d'aquest equips són molt alts tal i com es mostra en la següent taula de la normativa ERP/ELD (Normativa d'eco disseny i etiquetatge energètic).

	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

Imatge 113: Eficiència energètica equips amb bomba de calor, SEER i SCOP.

La utilització d'aquet tipus d'instal·lacions ofereix els següents avantatges:

- Són equips en que la major part de l'energia prové de fonts d'energia renovable (energia tèrmica emmagatzemada en l'aire).
- Al no passar per un procés de combustió per generar energia tèrmica:
 - No generen emissions contaminants directes.
 - Tenen un alt nivell d'eficiència i rendiment.
 - No requereixen de revisions periòdiques obligatòries com sí passa amb els sistemes tradicionals, basats en la combustió de combustibles fòssils.
- Únicament requereixen electricitat com a font d'energia.
- Amb un únic equip es cobreixen les necessitats de calefacció, refrigeració i ACS.
- Requereixen un baix manteniment

Com a inconvenients es pot dir que:

- Són equips que requereixen una major inversió inicial que els sistemes tradicionals (calderes de gas natural, gasoil...).
- El rendiment disminueix quan menor és la temperatura ambient exterior.
- Si s'allibera el gas refrigerant que utilitzen a l'atmosfera, aquest contribueix a l'augment de l'efecte hivernacle ja que tenen un GWP (Global Warming Potential) molt elevat.

6.1.2. Normativa

Segons la directiva 2009/28/CE, els equips de bomba de calor i en aquest cas els d'aerotèrmia, són equips que es considera que utilitzen fonts d'energia renovable sempre i quan es compleixi amb el que s'estableix en l'annex VII: "Balance energético de las bombas de calor".

En aquesta normativa s'especifica que únicament es poden considerar com a renovables aquelles bombes de calor que tinguin un SPF (factor de rendiment estacional estimatiu) major o igual a 2,5. Per realitzar aquest càlcul, l'IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), en el document titulat "*Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios*" proposa una fórmula senzilla per a calcular aquest factor.

(24)

$$SPF = COP_{nominal} * FP * FC$$

On:

SPF= factor de rendiment estacional estimatiu

FP= Factor de ponderació

FC= factor corrector

Si el resultat d'aplicar aquesta fórmula, s'obté un valor de SPF superior a 2,5 és pot considerar que la bomba de calor escollida és renovable.

A part d'aquesta normativa, en el CTE DB-HE4, únicament apareix la possibilitat de substituir el sistema d'ACS solar per un equip d'aerotèrmia sempre i quan es pugi demostrar que el consum d'energia provinent de fonts d'energia no renovables i les emissions contaminants generades, siguin inferiors a les generades per la combinació d'una instal·lació d'ACS solar i el corresponent sistema auxiliar.

En aquest cas al no tractar-se d'una substitució, si no l'ús de l'aerotèrmia com a sistema auxiliar no s'ha de tenir en compte aquesta part de la normativa.

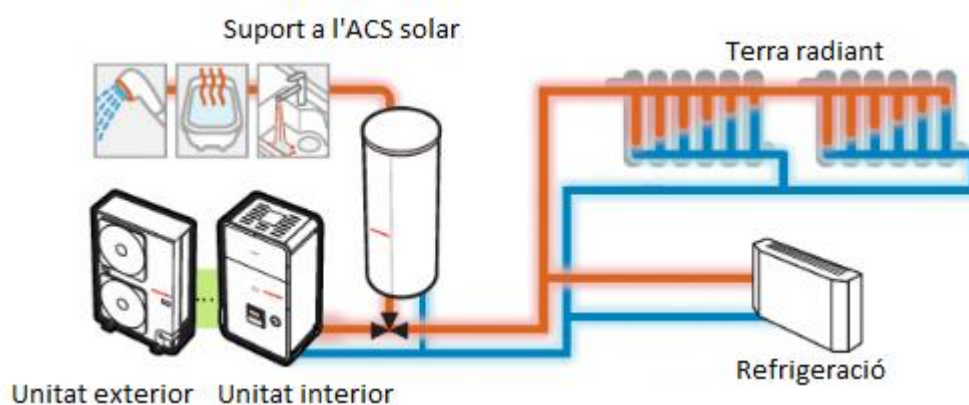
Al tractar-se d'una instal·lació tèrmica, haurà de complir amb el que s'especifica en el RITE "*Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*" aprovat per reial decret 1027/2007 de 20 de juliol. En aquest s'especifiquen els requisits que han de complir les instal·lacions tèrmiques, constituint un marc normatiu bàsic on es regulen les exigències d'eficiència energètica i seguretat que han de complir aquestes instal·lacions en els edificis.

6.1.3. Disseny i càlculs

Com s'ha especificat en l'apartat anterior, es pretén dissenyar una instal·lació d'aerotèrmia que cobreixi les necessitats de calefacció i refrigeració de l'habitatge, donant suport a l'ACS generat per la instal·lació solar tèrmica.

Aquesta instal·lació es compondrà de dues unitats: una unitat situada a l'exterior per on es realitza l'intercanvi tèrmic amb l'aire exterior i una unitat interior al garatge on s'ubica el sistema de control i elements necessaris per gestionar l'energia generada per a la calefacció, refrigeració i ACS.

Aquesta instal·lació al donar suport al sistema d'ACS solar, es connectarà al dipòsit d'acumulació d'ACS solar incloent un segon serpentí d'intercanvi tèrmic per incrementar la temperatura de l'aigua emmagatzemada en el dipòsit sempre que sigui necessari.



Imatge 114: Esquema de la instal·lació d'aerotèrmia (calefacció, refrigeració i suport a l'ACS solar)

Tal i com es pot veure en la imatge anterior, la calefacció i refrigeració es realitzarà mitjançant l'actual terra radiant⁵² existent en l'edifici, disminuint els costos d'aquesta inversió. Al aprofitar el terra radiant també per a la refrigeració, fa innecessari mantenir els equips de refrigeració actualment instal·lats en l'edifici. No obstant això, aquets al trobar-se en bones condicions i ser relativament nous, es poden deixar instal·lats com a sistemes de suport en les habitacions actualment instal·lades pels dies més calorosos i més freds de l'any. També existeix la possibilitat de substituir aquets equips per "fan-coils" d'aigua, connectats a l'equip d'aerotèrmia encarregat de refrigerar el líquid refrigerant (aigua).

En qualsevol cas, en aquest projecte els càlculs, estalvis i consums es realitzaran consideraran que s'han eliminat aquets equips, el sistema d'aerotèrmia cobreix totalment les necessitat de refrigeració.

⁵² Sistema de calefacció i/o refrigeració per tubs enterrats en el terra, que transporten aigua calenta o freda i que escalfen o refreden la superfície del terra, aportant les necessitats de climatització a l'interior de l'edifici.

Per tal de poder dimensionar adequadament el sistema d'aerotèrmia, s'utilitzaran les dades obtingudes amb el programa CE3X de demanda energètica del edifici nZEB (taula 45). Addicionalment, per obtenir major precisió en el càlcul, mitjançant les dades de demanda energètica de l'edifici actual (calculades també amb el programa CE3X) i les dades de consum energètic real, es calcularan les pèrdues del sistema de distribució del terra radiant i ACS.

Al utilitzar el mateix sistema de calefacció/refrigeració per terra radiant i de distribució d'ACS en l'edifici nZEB, es considera que les pèrdues d'aquest sistema de distribució seran les mateixes independentment de l'equip generador d'energia tèrmica. D'aquesta manera es podrà calcular de forma més precisa el consum real de l'equip d'aerotèrmia escollit.

Com a suport a la elecció de l'equip, s'utilitzarà l'aplicació informàtica de la marca Saunier Duval, la qual introduint les característiques de l'habitatge a climatitzar, realitza una proposta de l'equip que es podria utilitzar i l'estalvi que s'assoliria substituint l'equip de generació tèrmica actualment instal·lat.

Segons l'apartat 5.5 "Resultat final del conjunt de millores de l'envolupant tèrmica de l'edifici" d'aquest projecte, amb el conjunt de millores realitzades sobre l'envolupant tèrmica de l'edifici, els nivells de demanda en refrigeració i calefacció són els que apareixen en la taula 45, considerant una superfície habitable de $S=187,91 \text{ m}^2$.

En quan la demanada d'ACS, s'utilitza la demanda energètica (E_d) calculada en l'apartat 6.1.3 "Disseny i càlculs" de la instal·lació d'ACS solar. Aquesta demanda és independent dels aïllaments de l'edifici ja que depèn de la quantitat de persones que ha d'abastir i la diferència tèrmica entre la temperatura de l'aigua de la xarxa i la temperatura de consigna.

Taula 45: Demanda energètica de l'edifici en calefacció i refrigeració amb el programa CE3X i ACS

Demanda energètica edifici nZEB		
	kWh/m ² any	kWh/any
Calefacció	11,3	2123,38
Refrigeració	4,2	789,222
ACS (Ed)	-	2228,79

De les demandes energètiques resultants en la taula 45, cal recordar que la instal·lació solar d'ACS, cobreix entre el [71-82,6]% de la demanda. Considerant que la demanda coberta pel sistema és el valor mig d'aquest interval (76,8%), el sistema d'aerotèrmia només haurà de cobrir el 23,2% restant que correspon a una demanda de **517,07 kWh/any**.

El primer pas per tal de poder dimensionar correctament l'equip d'aerotèrmia a instal·lar i el consum d'aquest equip, cal conèixer el rendiment del sistema de distribució de la calefacció/refrigeració del terra radiant. Aquest factor s'ha de calcular ja que al conèixer el rendiment de l'actual generador de calor (caldera atmosfèrica $\eta_{\text{mig}}=85,6\%$) i el consum real en kWh de gas natural (19290,3 kWh/any), aplicant el rendiment de la caldera a l'energia consumida, dóna un valor força llunyà a la demanda prevista de calefacció + ACS de l'edifici actual tal i com es pot observar en les taules 46 i 47:

Taula 46: Demanda d'energia prevista de calefacció i refrigeració en el programa CE3X i demanda d'ACS

Demanda energètica edifici actual/base		
	kWh/m ² any	kWh/any
Calefacció (CE3X)	57,3	10782,2
Refrigeració (CE3X)	3,2	601,31
ACS (Ed)	-	2228,79

Taula 47: Demanda mitja real de l'edifici en calefacció + ACS

Consum real de gas natural		
	Conum total de gas natural en kWh/ any	Potencia calorifica generada per la caldera en kWh/ any. Rendiment (85,6%)
Consum d'ACS + calefacció	19290,3	16512,5

En les dues taules anteriors, es pot veure com la suma de la demanda energètica prevista d'ACS i calefacció (10782,2+2228,79 kWh/any) és considerablement inferior a la real generada (16512,5 kWh/any), una diferència de 3501,51 kWh/any. Aquesta diferència és deguda a que els valors obtinguts amb el programa CE3X, són una aproximació de la realitat és impossible que el programa pugui comptar amb totes les variables possibles que succeeixin en la realitat. Aquest no pot tenir en compte les pèrdues produïdes en el sistema de distribució de la calefacció i ACS.

A continuació es procedeix a calcular el rendiment d'aquest sistema de distribució amb la fórmula 25 per tal de poder-lo considerar en el disseny de l'edifici nZEB al utilitzar-se la mateixa instal·lació:

(25)

$$C_{\text{consum real}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}}$$

On:

$C_{\text{consum real}}$ = consum de combustible utilitzat en kWh/any

$\eta_{\text{generador}}$ = rendiment del generador tèrmic actualment instal·lat

$\eta_{\text{sistema distribució}}$ = rendiment del sistema de distribució de calefacció/refrigeració i ACS

$D_{\text{demanda prevista}}$ = demanda energètica prevista amb el programa CE3X en kWh/any

Dades:

Rendiment mig de la caldera atmosfèrica actual, ROCA Laura 30/30F = 85,6%

Consum real = 19290,3 [kWh/any]

Demanda prevista = 13011 [kWh/any]

(26)

$$C_{\text{consum real}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}}$$

(27)

$$19290,3 * (0,856 * \eta_{\text{sistema distribució}}) = 13011 \rightarrow \eta_{\text{sistema distribució}} = \mathbf{0,7879}$$

$$= \mathbf{78,79\%}$$

Utilitzant la fórmula 26, s'obté un rendiment del sistema de distribució de calefacció/refrigeració i ACS del 78,79%. Per tant en l'edifici nZEB, al canviar únicament el sistema de generació, s'ha de tenir en compte aquest rendiment per calcular el consum elèctric de l'equip d'aerotèrmia.

L'equip a escollir ha de ser capaç de generar suficient energia per cobrir el **100%** de les necessitats de calefacció i refrigeració de l'edifici i el **23,2%** d'ACS, en total l'energia que ha de generar l'equip és de **3429,67 kWh/any**.

El fabricant Saunier Duval en la seva pàgina web (www.saunierduval.es), ofereix una aplicació que indica quin és l'equip adequat a instal·lar segons les característiques de l'edifici i les necessitats a cobrir. Les dades introduïdes en l'aplicació, corresponen a la definició de l'equip de generació existent actualment (caldera atmosfèrica), el combustible actualment utilitzat (gas natural), la localització de l'edifici i les seves característiques, així com el tipus d'instal·lació de calefacció/refrigeració (terra radiant) i la temperatura de confort a l'hivern (21°C)

Opcionalment l'aplicació permet introduir quin aïllament tèrmic disposa l'edifici o el consum de combustible per a calcular la demanda energètica de l'edifici. Per tal de fer coincidir la demanda energètica considerada en aquesta aplicació i la demanda calculada en aquest projecte de l'edifici nZEB, s'han provat diferents configuracions fins obtenir una demanda similar.

Tipo de vivienda Unifamiliar	Localidad Barcelona	Superficie calefactada m² 187	Tipo de instalación Suelo radiante
Sistema de apoyo a calefacción Gas natural atmo...	Consumo anual combustible actual No Aportado		Temperatura de confort 21 ° C

Resultados del estudio*

Bomba seleccionada GENIA AIR 5	Potencia diseño 1,22 kW	Zona climática considerada C2	Temperatura exterior de diseño 0.1 ° C
Demanda total 2.415,30 kWh	Demanda cubierta por BC 2.415,30 kWh	% de Demanda cubierta por BC 100,00%	Consumo bomba de calor 538,22 kWh
Consumo apoyo kWh 0,00 kWh	Rendimiento medio anual bomba 449 %	Rendimiento medio anual total 449 %	

Imatge 115: Demanda de l'edifici calculada per l'aplicació Saunier Duval escollint aïllament (casa passiva)

Tipo de vivienda Unifamiliar	Localidad Barcelona	Superficie calefactada m² 187	Tipo de instalación Suelo radiante
Sistema de apoyo a calefacción Gas natural atmo...	Consumo anual combustible actual 4450		Temperatura de confort 21 ° C

Resultados del estudio*

Bomba seleccionada GENIA AIR 5	Potencia diseño 1,66 kW	Zona climática considerada C2	Temperatura exterior de diseño 0.1 ° C
Demanda total 3.434,50 kWh	Demanda cubierta por BC 3.434,50 kWh	% de Demanda cubierta por BC 100,00%	Consumo bomba de calor 765,57 kWh
Consumo apoyo kWh 0,00 kWh	Rendimiento medio anual bomba 449 %	Rendimiento medio anual total 449 %	

* Resultados según normativa vigente.

Imatge 116: Demanda de l'edifici calculada per l'aplicació Saunier Duval escollint el consum de combustible i ajustar-lo fins obtenir una demanda pròxima a la prevista (**3429,67 kWh/any**)

En les dues imatges anteriors, es pot observar com la demanda obtinguda ajustant el consum de combustible a 4450l, el programa s'aproxima molt a la demanda calculada en aquest projecte, amb una diferència de només 4,83 kWh/any, mentre que escollint la opció d'aïllament casa passiva (la més similar a un edifici nZEB), la diferència és de 1014,37 kWh/any. Per tant, veient els resultats obtinguts s'opta agafar com a referència l'equip proposat en la imatge 116. L'informe obtingut de la configuració escollida es troba en l'annex H.

En aquest cas, les dues configuracions realitzades tot i variar en les demandes i consums energètics obtinguts, l'equip proposat és el mateix una "GENIA AIR 5". Accedint al datasheet d'aquest equip, es correspon a un equip de potència nominal de calefacció de 4,4 kW. Per tant l'equip d'aerotèrmia a escollir haurà de tenir una potencia nominal del voltant dels 5KW.

El sistema de calefacció/refrigeració instal·lat, està preparat per treballar a una temperatura de l'aigua de 35°C en mode calefacció i de 18°C a l'estiu. S'ha d'escollir un equip amb els coeficients de rendiment COP i EER el més elevats possibles en aquestes temperatures. Seguint aquest criteri, l'equip




Imatge 117: Unitats exterior i interior i mòdul de control escollits

escollit és de la marca Daikin, compost per: una unitat exterior model ERLQ004CV3, una unitat interior model hidrokit EHBX04CB3V i un mòdul pel control de l'usuari EKRUCBS.

S'ha escollit aquest equip per l'alt coeficient COP i EER en calefacció a una temperatura de 35°C i refrigeració a una temperatura de 18°C, sent els coeficients respectivament 5,04 i 3,37, superiors als de l'equip de la marca Saunier (4,7 i 3,3). Això implica que en mode calefacció, per cada kW elèctric consumit, s'aporta un total de 5,04 kW d'energia tèrmica i en refrigeració per cada kW se'n absorbeixen 3,37 kW. En la taula 48, es poden trobar les característiques principals de l'equip escollit.

Taula 48: Unitat exterior ERLQ004CV3 bomba de calor característiques tècniques Font: www.daikin.es

UNIDADES EXTERIORES SOBREPOTENCIADA MONOFÁSICAS					ERLQ004CV3
Temperatura	ambiente	impulsión			
Calefacción	7	45	Capacidad Nominal/Consumo	kW	4,03 / 1,13
			COP		3,58
	7	35	Capacidad Nominal/Consumo	kW	4,40 / 0,87
			COP		5,04
Refrigeración	35	7	Capacidad Nominal/Consumo	kW	4,17 / 1,80
			EER		2,32
	35	18	Capacidad Nominal/Consumo	kW	5,00 / 1,48
			EER		3,37
Refrigerante R-410A		kg / TCO ₂ eq / PCA		1,5 / 3,1 / 2.087,5	
Dimensiones		Al.xAn.xF.	mm	735 x 832 x 307	
Peso			Kg	54	
Compresor					SWING
Potencia sonora		Refrig. / Calef.	dB(A)	63 / 61	
Presión sonora		Refrig./Calef./ Modo silencioso	dB(A)	48 / 48	
Alimentación eléctrica					1 / 220 V (monofásico)
Conexión Refrigerante					Ø 1/4" - Ø 5/8"
Distancias líneas refrigerante					3<d<30
Clase de eficiencia energética 55°C LOT1					A++
Clase de eficiencia energética 35°C LOT1					A++

Abans de procedir amb el càlcul del consum elèctric previst per l'equip d'aerotèrmia, cal comprovar si compleix amb la condició establerta en la normativa 2009/28/CE. En aquesta s'especifica que l'equip amb bomba de calor que tingui un factor SPF $\geq 2,5$ es considera que utilitza fonts d'energia renovable. Per calcular aquest factor, utilitzem la fórmula 28. Les taules amb els valors FP i FC es poden trobar en l'annex A, en l'apartat de càlculs de l'aerotèrmia.

$$SPF = COP_{nominal} * FP * FC \quad (28)$$

$$SPF = 5,05 * 0,80 * 1 = 4,04 \quad (29)$$

El factor SPF=4,05, al ser més gran que 2,5 l'equip es considera que sí utilitza fonts d'energia renovable.

Un cop s'ha escollit l'equip de generació tèrmica, ja es pot procedir a calcular el consum elèctric de l'equip. Per fer-ho s'ha de tenir en compte el rendiment del propi equip i del sistema de distribució de calefacció/refrigeració i ACS anteriorment calculat utilitzant la següent fórmula:

$$C_{consum\ previst} * (\eta_{generador} * \eta_{sistema\ distribució}) = D_{demanda\ prevista} \quad (30)$$

On:

$C_{consum\ previst}$ = consum elèctric previst del equip d'aerotèrmia kWh/any

$\eta_{generador}$ = rendiment del generador tèrmic (equip d'aerotèrmia)

$\eta_{sistema\ distribució}$ = rendiment del sistema de distribució de calefacció/refrigeració i ACS

$D_{demanda\ prevista}$ = demanda energètica prevista amb el programa CE3X en kWh/any

Per obtenir el consum anual d'energia elèctrica previst del equip, s'ha de calcular en dues parts. La primera utilitzant el rendiment COP associat a la demanda d'ACS + calefacció, la segona part s'utilitza el rendiment EER que correspon al rendiment associat a la refrigeració.

Dades:

$\eta_{generador}$ rendiment equip d'aerotèrmia Daikin bomba de calor model ERLQ004CV3 :

- Calefacció i ACS: COP=5,04
- Refrigeració: EER=3,37

$\eta_{sistema\ distribució}$: 78,79%

Demanda prevista :

- Calefacció i ACS = 2640,45 kWh/any
- Refrigeració = 789,22 kWh/any

Primer es procedeix a calcular el consum elèctric previst per cobrir la demanda d'ACS i calefacció utilitzant la fórmula 31:

$$C_{\text{consum previst}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}} \quad (31)$$

$$C_{\text{consum previst}} * (5,04 * 0,7879) = 2640,45 \rightarrow C_{\text{consum previst}} = \mathbf{664,93 \text{ kWh/any}} \quad (32)$$

El consum previst per cobrir el 100% de la demanda de calefacció i el 23,2% de l'ACS no aportada per la instal·lació solar tèrmica, es preveu que sigui de **664,93 kWh/any**.

A continuació es procedeix a calcular el consum elèctric previst per cobrir la demanda de refrigeració:

$$C_{\text{consum previst}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}} \quad (33)$$

$$C_{\text{consum previst}} * (5,04 * 0,7879) = 789,22 \rightarrow C_{\text{consum previst}} = \mathbf{198,74 \text{ kWh/any}} \quad (34)$$

El consum previst per cobrir el 100% de la demanda de refrigeració de l'edifici nZEB, es preveu que sigui de **198,74 kWh/any**.

Per tant en total, el consum elèctric previst per cobrir les necessitats de climatització, refrigeració i ACS que ha d'aportar l'equip d'aerotèrmia és de **863,67 kWh/any**.

6.1.4. Anàlisi de la millora en les instal·lacions d'ACS, Calefacció i refrigeració

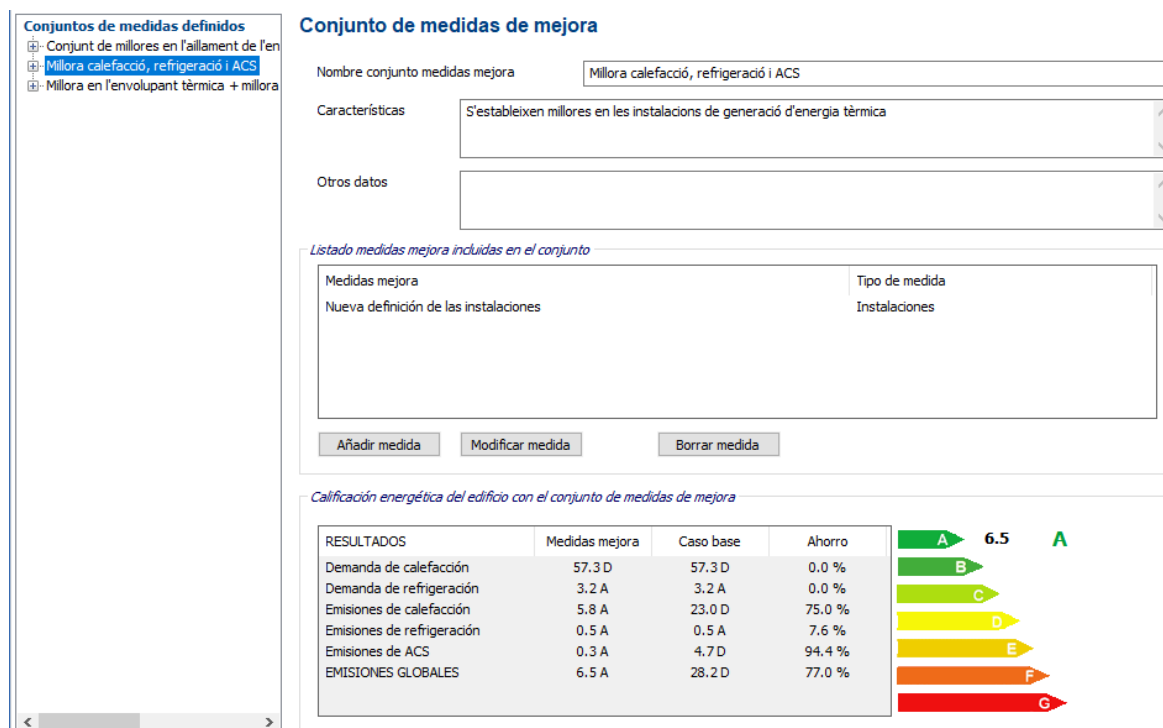
En aquest apartat, es procedeix a analitzar amb el programa CE3X, l'impacte de les millores realitzades en els sistemes de generació d'energia tèrmica de l'edifici nZEB. En aquest anàlisi no només es valorarà l'efecte que té l'equip d'aerotèrmia escollit, també es valorarà la instal·lació solar tèrmica de generació d'ACS calculada en l'apartat 6.1 i que treballa de forma conjunta amb l'equip d'aerotèrmia per cobrir el 100% de la demanda d'ACS.

Com s'ha calculat en l'apartat anterior, el consum elèctric previst de l'equip d'aerotèrmia, és de 863,67 kWh/any. Si es compara el consum real conegut de calefacció + ACS de l'edifici actual/base (19290 kWh/any de gas natural) amb l'energia prevista que consumirà l'equip per cobrir la demanda de calefacció + ACS de l'edifici nZEB dissenyat (664,93 kWh/any d'electricitat), s'obté un estalvi energètic del **96,55%**.

És evident que les accions de millora aplicades sobre l'envolupant tèrmica de l'edifici i la substitució de la caldera de gas natural per un equip d'aerotèrmia, s'aconsegueix reduir enormement la despesa energètica de l'edifici.

Per poder analitzar millor l'impacte que tenen aquestes dues instal·lacions (aerotèrmia i solar tèrmica), primer s'analitzarà l'efecte que tenen en els resultats obtinguts amb el programa CE3X, sense tenir en compte les mesures de millora aplicades en l'envolupant tèrmica de l'edifici. Finalment s'analitzarà l'impacte que tenen sobre l'edifici les millores en les instal·lacions i en l'envolupant tèrmica aplicades de forma conjunta.

La imatge 118, correspon a la introducció de les millores de les instal·lacions, on s'han eliminat totes les instal·lacions actualment instal·lades en l'edifici actual/base i s'han afegit la instal·lació solar tèrmica d'ACS especificant un factor de cobertura solar del 76,8% i la instal·lació d'aerotèrmia especificant els rendiments COP (5,05) i EER (3,37) obtenint els següents resultats.



Imatge 118: Resultat de les millores aplicades en les instal·lacions, substitució de caldera de gas natural per equip d'aerotèrmia i afegir instal·lació solar tèrmica per la generació d'ACS

Es pot observar que aplicant únicament la millora proposada de les instal·lacions tèrmiques sobre l'edifici actual, les emissions de calefacció, refrigeració i ACS es redueixen dràsticament. En concret les emissions de CO₂ es veuen reduïdes en un 75% en el sistema de calefacció, en un 7,6% les de refrigeració i en un 94,4% les corresponents a l'ACS. Aquesta enorme reducció és deguda a l'alta eficiència de la bomba de calor i a l'elevat factor de cobertura solar de la instal·lació solar tèrmica que cobreix el 76,8% de la producció d'ACS.

Conjuntos de medidas definidos

- Conjunt de millores en l'aïllament de l'en
- Millora calefacció, refrigeració i ACS
- Millora en l'envolupant tèrmica + millora

Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica

Características: Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones
Adición de aislamiento térmico en cubierta	Adición de Aislamiento Térmico
MARCOS VIDRES	Sustitución/mejora de Huecos
Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior	Adición de Aislamiento Térmico

Añadir medida Modificar medida Borrar medida

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	11.3 A	57.3 D	80.4 %
Demanda de refrigeración	4.2 B	3.2 A	-32.5 %
Emissiones de calefacción	1.1 A	23.0 D	95.1 %
Emissiones de refrigeración	0.6 A	0.5 A	-22.4 %
Emissiones de ACS	0.3 A	4.7 D	94.4 %
EMISIONES GLOBALES	2.0 A	28.2 D	92.9 %

Gráfico de barras de eficiencia energética: A 2.0 A

Imatge 119: Resultat de les millores aplicades en les instal·lacions i a l'envolupant tèrmica de l'edifici

En la imatge 119, es pot observar la reducció en la demanda energètica i emissions contaminats amb l'aplicació conjunta de les millores en l'envolupant tèrmica i les instal·lacions. Tal i com era d'esperar, la demanda energètica en calefacció i refrigeració no disminueixen més de lo que ja havien disminuït en l'apartat 5.5 d'aquest projecte, amb l'aplicació conjunta de les millores proposades fins el moment.

Taula 49: Taula comparativa amb els resultats obtinguts de les diferents millores aplicades en l'edifici

	Demanda calefacció kWh/(m ² any)	Demanda refrigeració kWh/(m ² any)	Emissions calefacció KgCO ₂ /(m ² any)	Emissions refrigeració KgCO ₂ /(m ² any)	Emissions ACS KgCO ₂ /(m ² any)	Emissions globals KgCO ₂ /(m ² any)	Reducció emissions globals en %
Edifici actual/base	57,3 D	3,2 A	23,0 D	0,5 A	4,7 D	28,2 D	-
Conjunt de millores en l'envolupant tèrmica	11,3 A	4,2 B	4,5 A	0,7 A	4,7 D	9,8B	65,10%
Conjunt de millores en les instal·lacions tèrmiques	57,3 D	3,2 A	5,8 A	0,5 A	0,3 A	6,5 A	77,00%
Millores envolupant tèrmica + instal·lacions	11,3 A	4,2 B	1,1 A	0,6 A	0,3 A	2,0 A	92,90%

Les instal·lacions tèrmiques no disminueixen la demanda energètica de calefacció, refrigeració i ACS de l'edifici, tal i com es pot veure en la taula 49, el que redueixen és el consum d'energia elèctrica per cobrir aquesta demanda i les emissions associades.

En aquesta taula, es pot observar com les instal·lacions redueixen les emissions contaminants de la generació de calefacció, refrigeració i ACS. On la major reducció d'emissions contaminants globals (92,90%), es produeix quan s'apliquen de forma conjunta les millores en l'envolupant tèrmica, que redueix la demanda energètica de l'edifici i les instal·lacions, que milloren l'eficiència energètica en el procés per generar l'energia tèrmica requerida.

Les dues instal·lacions escollides, utilitzen en gran mesura energies renovables (energia solar i energia tèrmica emmagatzemada en l'aire), que no generen emissions contaminants de cap tipus i que redueixen el consum d'energia elèctrica de la xarxa, la qual té associades emissions contaminants.

Arribats a aquest punt cal especificar que en l'edifici nZEB, a part d'aplicar les mesures de millores i estalvi energètic especificades fins el moment, també s'incorporarà una instal·lació de fotovoltàica i un aerogenerador per a la producció d'energia elèctrica d'autoconsum per a reduir al màxim el consum elèctric de la xarxa i les emissions contaminants.

Fins el moment, amb l'aplicació conjunta de les millores en l'envolupant tèrmica i les instal·lacions, s'ha aconseguit reduir les emissions globals generades per l'edifici en un 92,90% i el consum energètic en calefacció i ACS en un 96,55%. Per contra la demanda energètica en refrigeració ha augmentat en un 32,5% respecte la casa actual/base i per tant també les emissions de CO₂ i el consum elèctric associat. No obstant això el balanç energètic i d'emissions assolit és molt favorable, tant és així que amb aquest conjunt de mesures s'ha assolit la qualificació A de la certificació energètica, la més alta que es pot assolir en aquest sistema de qualificació.

En apartats posteriors, un cop s'hagin dissenyat les instal·lacions de generació elèctrica a partir de fonts renovables, es realitzarà un anàlisi més acurat de l'estalvi energètic, econòmic i reducció d'emissions contaminants obtinguts i la viabilitat econòmica del projecte.

6.2. Instal·lació solar fotovoltaica

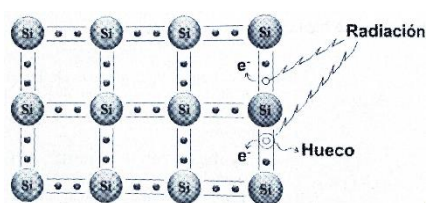
Per tal de reduir al màxim la demanda d'energia elèctrica de l'edifici nZEB, es dissenyarà una instal·lació solar fotovoltaica per proporcionar energia elèctrica d'autoconsum. Aquest tipus d'instal·lacions generen energia elèctrica gratuïta i no contaminant, utilitzant com a font d'energia renovable els raigs solars.

Al igual que la instal·lació solar tèrmica, les plaques fotovoltaïques s'ubicaran a la teulada de l'edifici, per tal d'augmentar el temps d'exposició directe a la radiació solar. L'objectiu és produir la màxima quantitat possible d'energia per cobrir les necessitats energètiques de l'edifici. Es valoraran 2 escenaris: utilitzar tota la superfície de la coberta sud o tota la superfície que ocupen la coberta sud i nord. Es preveu també equipar un sistema d'acumulació d'energia compost per bateries.

6.2.1. Marc teòric i funcionament

Aquesta tecnologia es basa en aprofitar l'energia de les ones electromagnètiques, no obstant a diferència de les instal·lacions solars tèrmiques que transformen l'energia dels raigs solars en energia tèrmica, les instal·lacions solars fotovoltaïques transformen l'energia solar en energia elèctrica mitjançant l'efecte fotoelèctric.

L'efecte fotoelèctric, observat per primera vegada pel científic Heinrich Hertz l'any 1890, és un fenomen que es produeix sobre cert tipus de materials els quals són capaços de transformar l'energia dels raigs solars en electricitat. Els materials sobre els quals es produeix aquest efecte són els anomenats semiconductors, sent el més utilitzat el silici i es caracteritzen per estar formats per àtoms que s'interrelacionen entre si formant una xarxa cristal·lina mitjançant enllaços covalents⁵³. Aquests



Imatge 120: Efecte fotoelèctric.

materials en determinades condicions es comporten com aïllants elèctrics, però en el moment que s'introdueix una petita quantitat d'energia, els electrons de valència⁵⁴ dels àtoms, reben l'energia suficient per trencar l'enllaç existent entre nucli i electró, podent circular lliurement pel material

⁵³ Són enllaços que es produeixen quan dos àtoms comparteixen o intercanvien electrons.

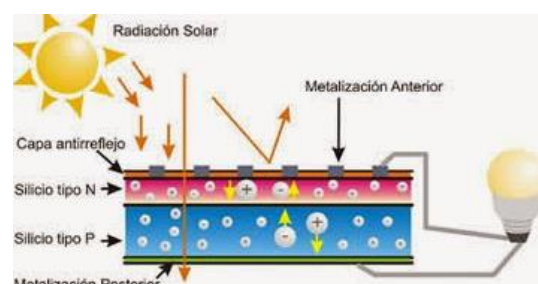
⁵⁴ Electrons situats en l'última capa de major nivell energètic de l'àtom.

semiconductor i comportant-se així com un material conductor.

Els fotons, són les partícules que formen les ones electromagnètiques dels raigs solars i al impactar sobre els materials semiconductors, aporten l'energia necessària que permet el lliure desplaçament dels electrons de valència. No obstant per poder aprofitar la circulació dels electrons i generar electricitat, cal crear un camp elèctric en l'interior del semiconductor mitjançant unions PN.

Les unions PN, s'aconsegueixen unint les superfícies de dos semiconductors, un de tipus P i un de tipus N. Els semiconductors de tipus N, s'han modificat substituint alguns àtoms de silici compostos per 4 electrons de valència, per àtoms de fòsfor o altres àtoms amb 5 electrons. Al tenir un electró més que els àtoms de silici, en el material sempre queden electrons lliures. En canvi en els semiconductors tipus P, es modifica substituït els àtoms de silici per àtoms de bor o altres, els quals tenen un electró menys que els de silici, quedant sempre espais buits que esperen ser ocupats per electrons.

La unió d'aquets dos materials semiconductors modificats, dona com a resultat un semiconductor tipus PN en el qual es forma un camp elèctric que va del semiconductor tipus N al P, reconduint així el moviment dels electrons lliures. De les dues superfícies, la de tipus N és la que s'exposa als raigs solars i connectant aquesta a la superfície de tipus P, al incidir els raigs solars es crea un corrent elèctric continu proporcional a la quantitat de llum que rep la placa i que flueix de la zona P a la zona N.



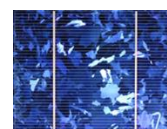
Imatge 121: Moviment dels electrons en el semiconductor PN

Les plaques fotovoltaïques, estan formades per cèl·lules fotovoltaïques de silici de tipus PN compostes per una capa fina de tipus N i una de major espessor de tipus P. Depenent del procés de fabricació i la configuració de les capes utilitzades, s'obtenen 3 tipus de cèl·lules fotovoltaïques:

- **Cèl·lules monocristal·lines:** presenten una estructura completament ordenada que el fa molt bon conductor, amb un rendiment comprés entre 15-18%. La seva fabricació és complexa i encareix el seu cost.
- **Cèl·lules policristal·lines:** presenten una estructura ordenada per regions, que disminueix el rendiment de la cèl·lula que oscil·la entre 12-14%. La seva fabricació és menys costosa que les cèl·lules monocristal·lines al constar de menors fases de cristallització.



Imatge 122: cèl·lula monocristal·lina



Imatge 123: cèl·lula policristal·lina

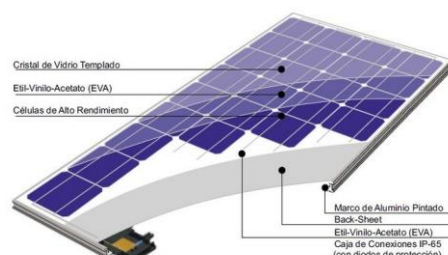
- **Cèl·lules amorfes:** presenten un gran nivell de desordre i presenten un gran nombre de defectes estructurals que impedeixen obtenir un rendiment superior al 10%. Per contra el seu procés de fabricació és molt senzill i econòmic.



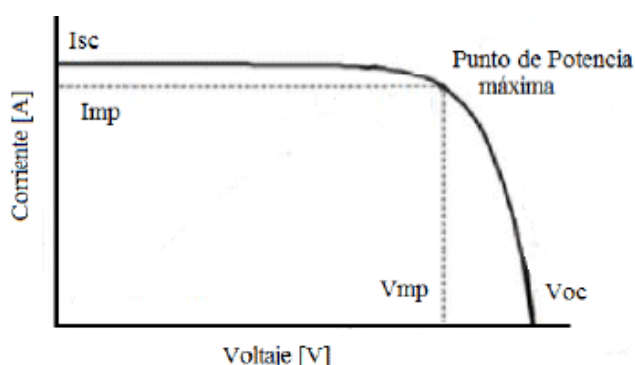
Imatge 124: cèl·lula amorfa

Constantment s'estan millorant els materials i tecnologies que intervenen en la fabricació de cèl·lules fotovoltaïques i s'estan assolint rendiments superiors al 25%.

En general, les plaques fotovoltaïques es construeixen sobre un suport metàl·lic d'alumini on s'ubiquen les cèl·lules fotovoltaïques i les connexions entre aquestes. Depenent del tipus, quantitat i connexió de les cèl·lules fotovoltaïques entre si, s'obtenen panells amb major o menor rendiment, potència i voltatge. Per sobre les cèl·lules s'instal·la una làmina de vidre amb una elevada qualitat òptica per tal de deixar passar la major quantitat de raigs solars i protegir les cèl·lules de les inclemències del temps, podent arribar a durar més de 25 anys.



Imatge 125: Composició placa fotovoltaica



Gràfic 56: Corba (I-V) característica de funcionament de les cèl·lules fotovoltaïques

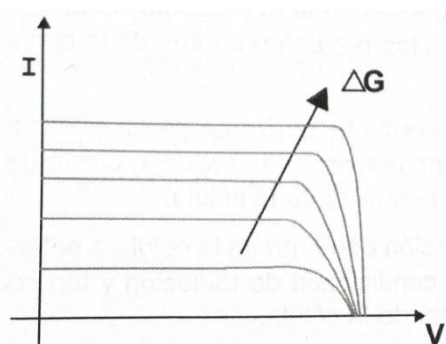
La representació típica de la característica de sortida (I-V) d'un sistema fotovoltaic es descriu en el gràfic 56, on es representa la corba característica del corrent i la tensió de sortida generada pel sistema. La forma d'aquesta corba varia segons la radiació solar incident sobre les plaques i la temperatura ambient.

En aquest gràfic es representen els següents paràmetres:

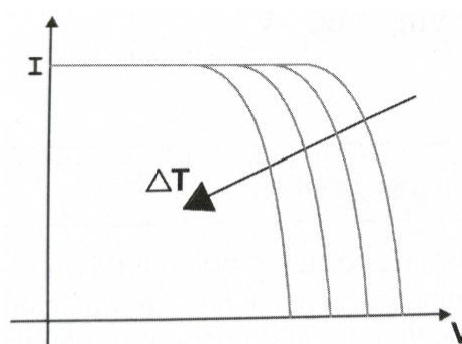
- **Corrent de curtcircuit (I_{sc}):** és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en unes condicions determinades de radiació i temperatura.
- **Tensió de circuit obert (V_{oc}):** és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en unes condicions determinades de radiació i temperatura.

- **Punt de potència màxima o pic: (P_p):** potència màxima que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica resultat de multiplicar la tensió i corrent màxima, en unes condicions determinades de radiació i temperatura.
- **Corrent de màxima potència (I_{MP}):** corrent màxima entregada per la cèl·lula en el punt de potència màxima, en unes condicions determinades de radiació i temperatura.
- **Tensió màxima de potència (V_{MP}):** tensió màxima entregada per la cèl·lula en el punt de potència màxima, en unes condicions determinades de radiació i temperatura.

On la tensió varia en funció de la temperatura i el corrent és proporcional a la intensitat de la radiació i a la superfície de la cèl·lula. En els següents gràfics es pot observar el canvi en la forma de la gràfica (I-V) segons com varia la radiació i la temperatura:



Gràfic 57: Variació de la corba característica (I-V) amb temperatura constant i radiació solar variable. Font: llibre "Energia solar fotovoltaica"



Gràfic 58: Variació de la corba característica (I-V) amb temperatura variable i radiació solar constant. Font: llibre "Energia solar fotovoltaica"

Tipus de sistemes fotovoltaics

Els sistemes fotovoltaics es poden classificar en 3 grans grups segons la seves característiques:

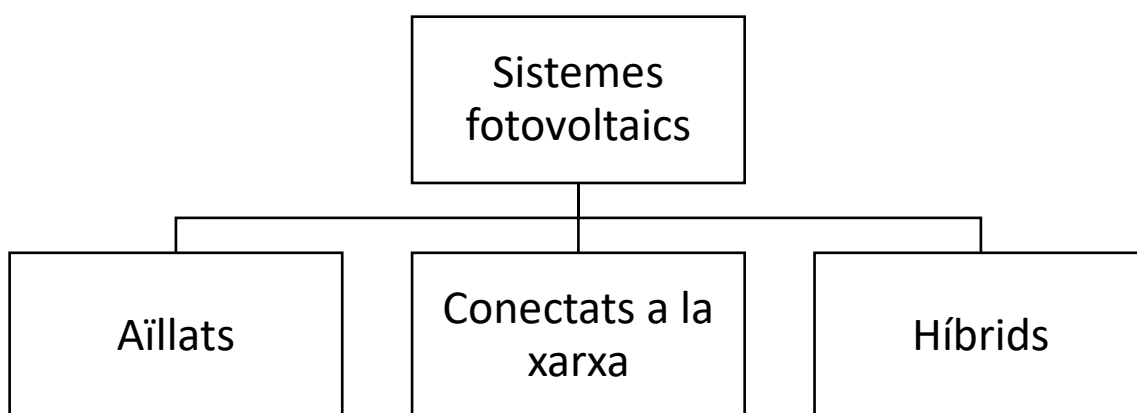


Diagrama 2: Classificació dels sistemes fotovoltaics

- **Aïllats:** tenen com a objectiu cobrir totalment o parcialment la demanda d'energia elèctrica en zones aïllades on no existeix la xarxa elèctrica o en aquells edificis o sistemes, desconnectats de la xarxa de forma voluntària (autoconsum 100%). Solen estar equipats amb sistemes d'emmagatzematge per bateries.
- **Connectats a la xarxa:** cobreixen parcialment la demanda d'energia elèctrica on l'energia sobrant produïda s'injecta a la xarxa de distribució elèctrica.
- **Sistemes híbrids:** són sistemes de generació elèctrica compostos per un sistema fotovoltaic i un altre sistema de generació elèctrica (molins eòlics, grups electrògens...) que complementa la producció energètica fotovoltaica i incrementa la fiabilitat en el subministrament d'energia.

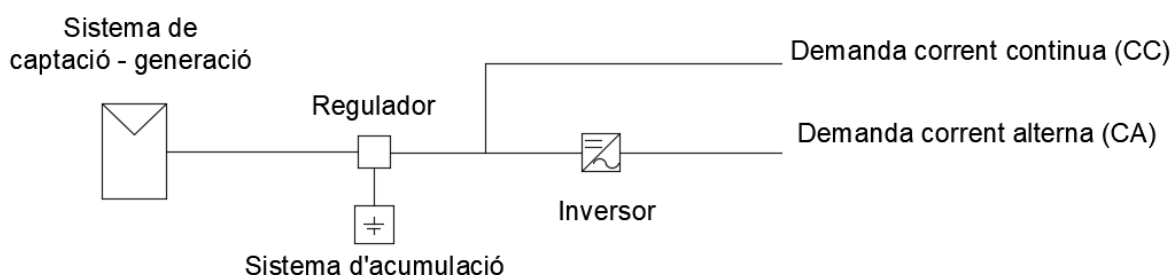
Tots aquests, poden incloure sistemes d'acumulació d'energia mitjançant bateries o altres sistemes d'acumulació energètica, per emmagatzemar l'energia sobrant generada i utilitzar-la quan l'energia produïda pel sistema fotovoltaic és nul·la o insuficient per cobrir la demanda.

Components d'un sistema fotovoltaic

Tot i que existeixen diferents configuracions possibles per construir un sistema fotovoltaic, els components que s'utilitzen generalment són els següents:

- **Sistema de captació – generació:** és la part del sistema formada pels panells fotovoltaics que capten i transformen l'energia solar en energia elèctrica.
- **Sistema d'acumulació:** emmagatzema l'energia elèctrica sobrant produïda per fer-la servir en períodes en que el sistema no produeix suficient energia per cobrir la demanda.
- **Regulador de càrrega:** aquest element s'encarrega de protegir i garantir la correcta càrrega i descàrrega de les bateries i existeixen de 2 tipus PWM i MPPT.
 - PWM: són reguladors que actuen com interruptors entre les bateries i les plaques solars. Aquests forcen als mòduls fotovoltaics a fer treballar als mòduls fotovoltaics a la mateixa tensió que les bateries per carregar-les a la mateixa tensió. Quan la bateria ja està carregada, es redueixen els polsos de càrrega evitant la sobrecàrrega de les bateries.

- MPPT: aquest regulador, s'encarrega de fer treballar els mòduls fotovoltaics en el punt de màxima potència variant la tensió dels panells contínuament per seguir aquest punt de treball. Amb aquets es pot obtenir major producció energètica que els reguladors PWM i la tensió del camp solar pot ser superior al de les bateries
- **Inversor:** s'encarrega de transformar el corrent continu (CC) del sistema de captació - generació i bateries, en corrent alterna (CA) a voltatge i freqüència adequats per alimentar les diferents càrregues connectades al sistema o per poder injectar-la a la xarxa. El funcionament d'un inversor bàsic sol ser amb un oscil·lador que controla un transistor que interromp la circulació de corrent generant una ona rectangular a que posteriorment es transforma en una ona sinusoidal obtenint així corrent altern a tensió i freqüència desitjada. En l'actualitat existeixen inversors els quals incorporen un regulador de càrrega en un únic dispositiu.
- **Elements de protecció del circuit:** Són tots els elements encarregats de protegir al sistema de generació i a les persones (interruptors, díodes de bloqueig, interruptors diferencials, magneto tèrmics...).



Imatge 126: elements que componen un sistema fotovoltaic

Els avantatges que presenta la utilització d'aquest tipus d'instal·lacions es pot dir que:

- Són instal·lacions que contribueixen a l'estalvi energètic al produir energia elèctrica a partir de fonts renovables d'energia (el Sol).
- No emeten emissions contaminants per generar energia elèctrica.
- Permeten generar energia en zones aïllades on no arriba la xarxa de distribució elèctrica.
- Permeten l'autoconsum i la desconexió de la xarxa elèctrica.
- Tenen un baix manteniment.
- Poden arribar a durar més de 25 anys.

Com a inconvenients es pot dir que:

- Les bateries que s'utilitzen per emmagatzemar energia, és la part més cara del sistema, presenten poca capacitat d'emmagatzematge i es poden degradar ràpidament si no es realitza un correcte manteniment i control.
- La producció d'energia depèn de la intensitat i quantitat d'hores diàries amb radiació solar.
- A mesura que es degraden les cèl·lules fotovoltaïques es redueix el rendiment de la instal·lació.
- Actualment a l'estat espanyol, existeix molta burocràcia i inseguretat política envers aquest tipus de tecnologia que no afavoreix la implantació d'aquestes instal·lacions al país.

6.2.2. Normativa

En aquest cas per tal de dissenyar la instal·lació solar elèctrica de l'edifici, el CTE DB-HE ("Código técnico de la Edificación Documento Básico Horro de Energía") secció HE5 titulat "Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica" no és d'aplicació en l'edifici actualment estudiat, per lo que no és necessari complir amb les exigències mínimes especificades en aquest apartat. La secció HE5, només s'aplica en aquells edificis amb els usos especificats en la taula 1.1 de CTE DB-HE.

Taula 50: taula 1.1 de CTE DB HE, secció HE5 on s'especifica l'àmbit d'aplicació d'aquesta normativa. Font: CTE DB-HE

Tabla 1.1 Ámbito de aplicación

Tipo de uso

Hipermercado
Multi-tienda y centros de ocio
Nave de almacenamiento y distribución
Instalaciones deportivas cubiertas
Hospitales, clínicas y residencias asistidas
Pabellones de recintos feriales

En aquest cas, la taula 51, la qual s'ha seguit de referència per dimensionar els aïllaments de l'envolupant tèrmica, la instal·lació solar tèrmica d'ACS i el sistema de calefacció i refrigeració, no especifica quin és el percentatge d'energia que ha de cobrir la instal·lació solar fotovoltaica en un edifici nZEB destinat a habitatges. Això és així ja que per raons d'espai o ubicació, no sempre és possible dimensionar la instal·lació a un percentatge de generació fixat i s'han de buscar altres formes complementaries de generar energia a partir de fonts renovables.

Taula 51: Proposta de valors límits de demanda i consum i percentatge d'aportació de renovables. Font: Generalitat de Catalunya "Edificis de consum d'energia gairebé zero"

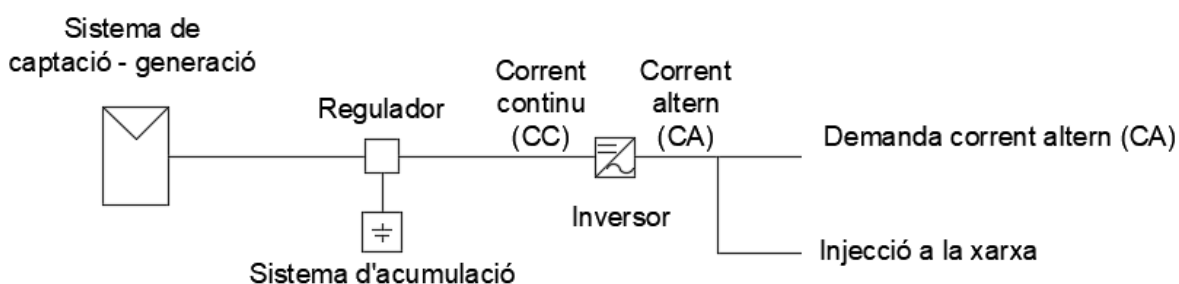
		CTE 2006		CTE 2013		nZEB (Pendant d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Limit de demanda energètica (kWh/m² any)	Calefacció	No definit		20 + 1000/ S*	Estalvi del 25% demanda referència	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració			15		<15	
HE0. Limit de consum energètic (kWh/m² any)		No definit		50 + 1500/ S*	Classe B	Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmi- ca ACS**	≥30%	≥30%	≥40%	≥40%	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici

Per tant en quan exigències mínimes de producció elèctrica, no existeix cap normativa que obligui a un mínim de generació elèctrica en l'edifici objecte d'aquest projecte i el seu dimensionament és lliure, dintre de les limitacions del lloc on s'ubicarà. Lo que si s'haurà de complir, és amb el Reglament Elèctric de Baixa Tensió aprovat per RD 842/2002, que defineix les proteccions i les seccions que han de tenir el conductors elèctrics per garantir la seguretat de la instal·lació i el RD 900/2015 que regula l'autoconsum en l'estat espanyol.

6.2.3. Disseny i càlculs

Com s'ha especificat en l'apartat anterior, no existeix una exigència mínima en quan a la producció d'energia elèctrica en els edificis nZEB destinats a habitatges. Per tant el que es decideix plantejar 2 escenaris per a dimensionar la instal·lació fotovoltaica. En l'escenari A, es considera ocupar el 100% de la superfície disponible en la coberta, tant la coberta nord com la sud. En l'escenari B, només s'ocuparà el 100% de la superfície definida per la coberta sud, ja que la coberta nord presenta diverses dificultats tècniques per instal·lar les plaques solars. Realitzat el dimensionament dels dos escenaris, es decidirà quin és el més adequat per cobrir el 100% de les necessitats de l'edifici nZEB. També es valorarà si és necessari o no connectar-se a la xarxa elèctrica per consumir/ injectar energia.

La instal·lació solar, es composarà d'un camp solar fotovoltaic instal·lat a la coberta i un sistema d'emmagatzematge energètic compost per bateries on s'emmagatzemarà la sobreproducció d'energia elèctrica, per ser utilitzada en moments en que l'energia elèctrica generada pel sistema no pugui cobrir la demanda. La instal·lació s'equipara amb tots aquells elements necessaris descrits en l'apartat 6.3.1, per tal que el sistema funcioni amb seguretat (inversor, regulador de càrrega, elements de protecció...).



Imatge 127: Representació esquemàtica usual d'una instal·lació solar

En apartats posteriors, també es preveu dimensionar un generador eòlic domèstic i donar més fiabilitat al subministrament elèctric de l'edifici nZEB, obtenint així un sistema fotovoltaic de tipus híbrid.

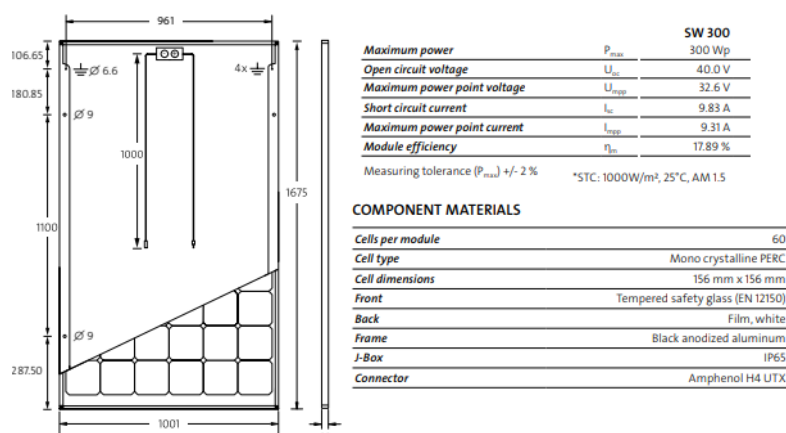
L'edifici es troba en la zona climatològica C2 i en zona de radiació solar III, tal i com s'ha explicat en l'apartat 4.4 d'aquest projecte. Això implica que la radiació mitjana diària anual que s'espera tenir a la zona és de $15,1 \leq H < 16,6$, MJ/m², en concret segons el document "Classificació de la radiació solar mitjana diària anual en kJ/m² corresponent a la totalitat de municipis de Catalunya" elaborat per la direcció General d'Habitatges de la Generalitat de Catalunya s'obtenen de mitjana uns 14.667 kJ/m².

Gràcies a l'anàlisi energètic realitzat en l'apartat 4.7.1 d'aquest projecte, es coneix la demanda elèctrica real de l'edifici i que correspon exclusivament als electrodomèstics, il·luminació, aparells electrònics... En l'edifici al no utilitzar l'energia elèctrica per cobrir les necessitats de calefacció i ACS, i utilitzar-se de forma molt esporàdica els equips de climatització a l'estiu, es pot assimilar els consums elèctrics mostrats en aquest apartat són els consums elèctrics de l'edifici nZEB. Únicament s'haurà d'afegir als consums registrats, la previsió de consum elèctric de l'equip d'aerotèrmia calculat en l'apartat 6.2.3, obtenint un valor anual màxim de 4876,67 kWh/any (13,36 kWh/dia), taula 52.

Taula 52: Consum elèctric màxim previst en l'edifici nZEB.

Consum energètic anual previst de l'edifici nZEB	
	kWh/any
Calefacció +ACS	664,93
Refrigeració	198,74
Màxim consum registrat (2016) Electrodomèstics, il·luminació electronica	4013
TOTAL	4876,67

Per tant el dimensionat final del sistema haurà de poder cobrir el major percentatge possible de la demanda elèctrica anual prevista en l'edifici. S'escullen panells fotovoltaics monocristal·lins de 300Wp de la marca Solar World model 300MONO per la seva gran eficiència (17,89%) i llarga vida útil (25 anys garantits). En l'annex F es pot trobar les característiques del corresponent mòdul fotovoltaic.



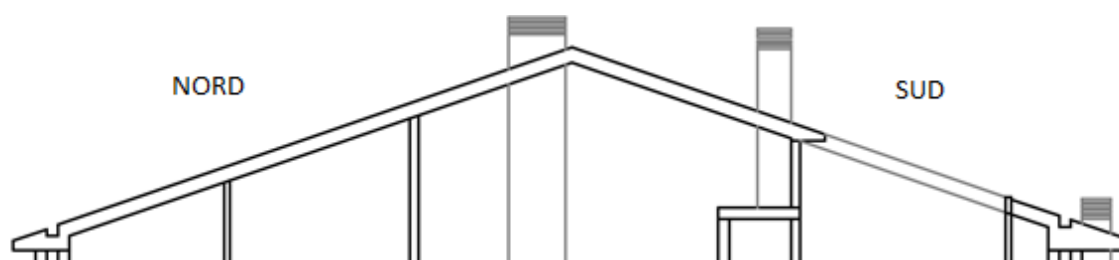
Imatge 128: Característiques tècniques del mòdul fotovoltaic Solar World 300 MONO

La instal·lació solar ha de proporcionar energia elèctrica durant tot l'any, per obtenir-ne la màxima energia les plaques fotovoltaiques s'orientaran al sud on la inclinació òptima amb la que s'han d'instal·lar, serà igual al valor de la latitud -10° tal i com s'especifica en la taula 53, donant com a resultat una $\beta_{\text{opt}} = (41,46^\circ - 10^\circ) = 31,46^\circ$.

Taula 53: Inclinacions òptimes de les plaques fotovoltaiques orientades al sud segons demanda Font: "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (IDAE)".

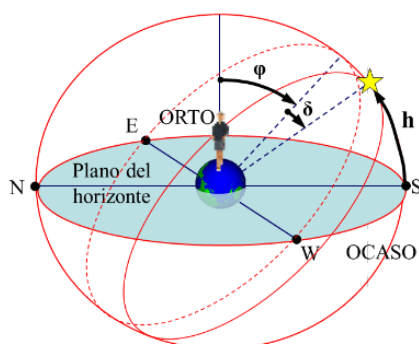
Periodo de diseño	β_{opt}
Diciembre	$\phi + 10$
Julio	$\phi - 20$
Anual	$\phi - 10$

ϕ = Latitud del lugar en grados



Imatge 129: Plànol 5, coberta inclinada orientada al Nord i el sud de l'edifici actual/base

Com es pot observar en la imatge 129, la coberta està composta per dues inclinacions, una orientada al sud i un altre orientada al nord. Aquestes inclinacions, afecten a les ombres generades per les plaques fotovoltaiques, i segons l'ombra generada es poden instal·lar les plaques més juntes o separades entre si. L'ombra generada per les plaques depèn de la inclinació de les mateixes i de l'altura solar del sol h , a menor altura solar major és l'ombra generada.



Imatge 130: Altura solar h solstici d'hivern

Durant el solstici d'hivern (imatge 130), s'assoleix la menor altura solar i per tant és la època de l'any en que les ombres que projecten les plaques solars és més gran i es pot calcular utilitzant la següent fórmula:

$$h = 90^\circ - \text{latitud} - \delta$$

(35)

On:

h = l'altura solar en [°]

latitud = a la altitud en que es troba la instal·lació solar (41,46 a Castellbisbal)

δ = la declinació de la terra (23,5°)

Utilitzant aquesta fórmula i substituint els valors corresponents per la ubicació de la present instal·lació, s'obté una altura solar de 25°. Aquesta dada és molt important ja que a l'hivern és quan menys producció solar s'obté degut a la menor quantitat de radiació solar incident a les plaques i és vital que les diferents fileres de plaques no projectin ombres sobre les demés.

Per realitzar els diferents càlculs de la instal·lació fotovoltaica, s'utilitzarà com a guia el llibre titulat "*Energía solar fotovoltaica*" en el qual s'explica el procediment definit per l'IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) titulat "*Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones asiladas i conectadas a red*". També s'utilitzarà com a suport al càlcul, la guia titulada "Centrales Eléctricas i Energías Renovables, guía de diseño de centrales eléctricas, aplicación a las instalaciones fotovoltaicas" realitzat pel professor de la UPC Jordi de la Hoz Casas.

La separació mínima que ha d'existir entre les plaques a instal·lar, es defineix amb la següent fórmula:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad (36)$$

On:

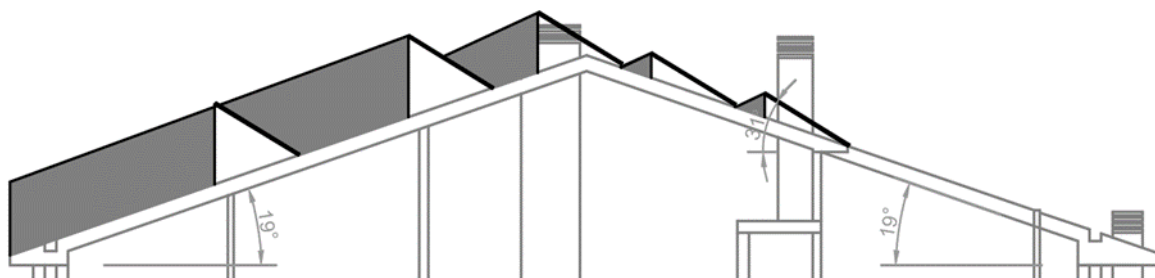
d = la distància de separació entre plaques sobre una superfície horitzontal [m].

h = és la diferència d'altures entre la part alta d'una fila de plaques i la part baixa de la següent [m]

latitud= latitud geogràfica on s'instal·laran les plaques [°]

Aquesta garanteix un mínim de 4 hores de radiació solar directe al voltant del migdia durant el solstici d'hivern, període el qual les ombres generades per plaques i obstacles és més gran.

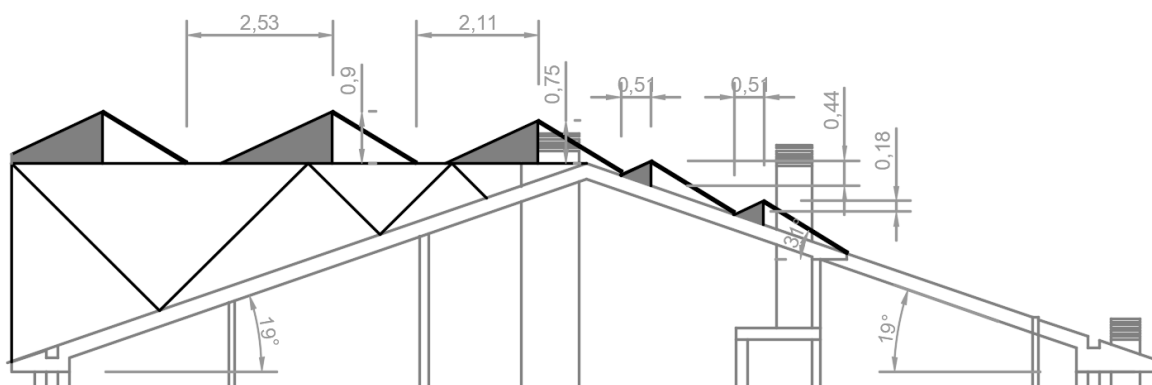
Seguint la fórmula 36 i adaptant les distàncies obtingudes a la inclinació de la coberta (19°) s'obté que les plaques situades en la coberta sud, han d'estar separades 51cm, tal i com s'observa en la imatge 131, per tal que l'ombra projectada per les plaques d'una filera no afectin a la següent.



Imatge 131: Representació de les ombres generades en les cobertes inclinades de l'edifici amb un angle d'incidència solar de 25°

Com es mostra en la imatge 131, la coberta nord degut a la seva inclinació i orientació, provoca que les plaques que es situïn en aquesta zona, independentment de les distàncies entre elles, estiguin la major part del temps cobertes totalment per ombres durant l'hivern. Al no estar exposades directament a la radiació solar, aquestes generaran molt poca energia no sent aconsellable la instal·lació de plaques fotovoltaïques en la coberta nord.

Per solucionar aquest problema, i produir la màxima quantitat possible d'energia en l'escenari A, es decideix que s'instal·larà una estructura horitzontal sobre la coberta nord on s'instal·laran les plaques. D'aquesta manera, es soluciona el problema de les ombres i es pot ocupar el 100% de la superfície definida per la coberta nord i sud.



Imatge 132: Representació de les ombres generades en les cobertes inclinades de l'edifici amb un angle d'incidència solar de 25° amb estructura horitzontal

En la imatge 132, s'observa com en la coberta es poden instal·lar un màxim de 5 fileres de plaques amb les separacions mínimes obtingudes entre elles amb la fórmula 36. Tenint en compte que l'amplitud de la coberta és de 4,85m i l'amplitud de les plaques escollides és de 0,961m, en cada fila cabran 5 plaques. Considerant l'espai que ocupa la placa solar tèrmica destinada a la generació d'ACS, hi cabran un màxim de 23 plaques en l'escenari A i 13 en l'escenari B.

A continuació es procedeix a calcular quina és la radiació solar que es rep sobre la coberta amb orientació sud i inclinació òptima 31,46° amb la que s'instal·laran les plaques sobre la coberta.

Aquesta radiació solar, es pot obtenir a partir de les dades de radiació incident obtingudes per les estacions meteorològiques repartides pel territori que proporcionen dades de la quantitat d'energia incident sobre una superfície horitzontal i aplicant la següent fórmula:

$$R_g = k * k' * k'' * R \quad (37)$$

On

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [W/(m²)]

k = factor corrector que depèn de la latitud,

k' = factor corrector a aplicar en plaques no orientades al sud i que dependrà de la orientació

k'' = factor corrector per ombres

R = Radiació incident sobre una superfície horitzontal [W/(m²)]

A diferència del càlcul en la instal·lació d'ACS, la font que s'utilitzarà per a la obtenció de la radiació solar en la localització de la instal·lació, seran les dades obtingudes a través de l'aplicació de la comissió europea anomenada PVGIS⁵⁵ (Photovoltaic Geographical Information System). Aquesta aplicació proporciona les dades de radiació solar incident directament sobre una placa inclinada (R_i) en una localització concreta obtenint així un alt grau de precisió. També ofereix dades de radiació horària d'un dia tipus de cada més per lo que es pot conèixer l'energia generada pel sistema fotovoltaic cada hora.

Introduint en l'aplicació la localització geogràfica de la instal·lació i la inclinació de les plaques, s'obté directament la radiació incident sobre les plaques inclinades cada hora d'un dia tipus de cada mes, recollides en la taula 54, en W/m².

⁵⁵ Aplicació PVGIS disponible en el web <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Taula 54: Radiació (incident R_i) sobre una superfície inclinada orientada $31,46^\circ$ i orientada al sud W/m^2 . Font: PVGIS

Radiació incident sobre una superfície inclinada R_i (W/m^2)												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	8,33	36,75	50,50	39,75	20,67	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	37,25	86,25	125,75	142,25	130,00	102,75	53,25	8,25	0,00	0,00
7	26,75	98,50	207,25	247,75	294,25	317,50	311,75	280,25	214,50	139,50	44,50	5,50
8	217,25	303,75	413,00	424,75	470,50	499,25	504,75	472,25	405,75	332,00	236,00	194,25
9	392,75	488,00	595,50	580,00	624,50	657,50	675,50	641,25	576,50	503,50	403,75	365,00
10	520,75	625,50	731,00	695,00	738,75	775,25	803,25	767,25	704,25	630,75	527,75	488,25
11	594,50	705,75	809,00	761,50	804,50	843,25	877,75	840,00	778,50	703,75	598,75	558,75
12	609,25	722,00	825,00	774,75	817,75	856,75	893,00	854,50	793,25	718,50	613,25	573,25
13	564,75	673,25	777,50	734,75	778,00	816,00	847,75	810,75	748,75	674,25	570,25	530,25
14	463,25	563,50	670,00	643,25	687,25	722,00	745,50	710,25	646,50	573,50	472,00	433,00
15	310,75	400,50	509,00	506,50	551,75	582,75	594,50	561,25	495,50	422,25	324,25	285,75
16	110,50	202,50	310,75	337,25	383,75	409,75	409,25	377,25	310,50	236,25	139,50	78,00
17	0,00	22,75	110,75	161,25	206,25	226,75	216,50	186,25	125,00	51,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	4,00	32,75	69,50	82,75	71,00	48,00	11,75	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	37,50	34,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Al obtenir les dades de radiació incident d'una superfície inclinada, el factor k queda integrat en els valors presentats en la taula, quedant la fórmula anterior de la següent forma:

$$R_g = k' * k'' * R_i \quad (38)$$

On: R_i és la radiació incident sobre una superfície inclinada un cert angle ($31,46^\circ$)

Abans d'aplicar aquesta fórmula, cal calcular el factor de pèrdues per ombres k'' . A diferència de la instal·lació d'ACS, la instal·lació fotovoltaica al ocupar gran part de la superfície de la coberta, sobre aquesta es produeixen ombres provocades per la placa solar tèrmica (de dimensions més grans que les plaques fotovoltaïques) i les dos xemeneies de ventilació de la coberta.

Per obtenir aquest factor de pèrdues, es calcula amb la següent fórmula:

$$k'' = 1 - (\sum f_n * X_n) \quad (39)$$

On :

f_n = és el factor d'ompliment que pren valors 0,25; 0,50 i 0,75 de cada obstacle

X_n : és el valor corresponent al factor de pèrdues establertes segons taules de cada obstacle.

En l'annex A, es troba detallat el procediment seguit per calcular el factor k'' i que té un valor de **0,942**.

Aplicant la fórmula 38, amb $k'=1$ ja que la instal·lació està orientada al sud i $k''=0,942$ s'obtenen els següents valors de radiació global incident sobre les plaques inclinades:

Taula 55: Radiació global incident (R_g) sobre una superfície inclinada orientada $31,46^\circ$ i orientada al sud W/m^2

Radiació global incident sobre una superfície inclinada R_g (W/m^2)												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	7,85	34,62	47,57	37,44	19,47	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	35,09	81,25	118,46	134,00	122,46	96,79	50,16	7,77	0,00	0,00
7	25,20	92,79	195,23	233,38	277,18	299,09	293,67	264,00	202,06	131,41	41,92	5,18
8	204,65	286,13	389,05	400,11	443,21	470,29	475,47	444,86	382,22	312,74	222,31	182,98
9	369,97	459,70	560,96	546,36	588,28	619,37	636,32	604,06	543,06	474,30	380,33	343,83
10	490,55	589,22	688,60	654,69	695,90	730,29	756,66	722,75	663,40	594,17	497,14	459,93
11	560,02	664,82	762,08	717,33	757,84	794,34	826,84	791,28	733,35	662,93	564,02	526,34
12	573,91	680,12	777,15	729,81	770,32	807,06	841,21	804,94	747,24	676,83	577,68	540,00
13	531,99	634,20	732,41	692,13	732,88	768,67	798,58	763,73	705,32	635,14	537,18	499,50
14	436,38	530,82	631,14	605,94	647,39	680,12	702,26	669,06	609,00	540,24	444,62	407,89
15	292,73	377,27	479,48	477,12	519,75	548,95	560,02	528,70	466,76	397,76	305,44	269,18
16	104,09	190,76	292,73	317,69	361,49	385,98	385,51	355,37	292,49	222,55	131,41	73,48
17	0,00	21,43	104,33	151,90	194,29	213,60	203,94	175,45	117,75	48,04	0,00	0,00
18	0,00	0,00	3,77	30,85	65,47	77,95	66,88	45,22	11,07	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	28,26	35,33	32,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La radiació obtinguda en aquesta taula, no és la real disponible que incideix sobre els captadors (radiació efectiva), s'ha de considerar que es produeixen pèrdues degut a variacions en l'angle d'incidència dels raigs solars al llarg del dia, envelliment de les instal·lacions, brutícia en les plaques fotovoltaïques... per lo que es multiplica els resultats per 0,94 ja que es sol considerar que tots aquets efectes tenen un impacte negatiu del 6%⁵⁶ en la producció.

(40)

$$R_e = R_g * 0,94$$

On:

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [$W/(m^2)$]

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [$W/(m^2)$]

Aplicant aquesta fórmula s'obté la radiació efectiva horària d'un dia tipus de cada més [W/m^2].

⁵⁶ Percentatge de pèrdues considerat normalment pel instal·ladors en les instal·lacions solars

Taula 56: Radiació efectiva (Re) sobre una superfície inclinada orientada 31,46° i orientada al sud W/m²

Radiació efectiva incident sobre una superfície inclinada Re (W/m²)												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	7,38	32,54	44,72	35,20	18,30	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	32,98	76,37	111,35	125,96	115,11	90,98	47,15	7,31	0,00	0,00
7	23,69	87,22	183,52	219,38	260,55	281,14	276,05	248,16	189,94	123,52	39,40	4,87
8	192,37	268,96	365,70	376,11	416,62	442,08	446,95	418,17	359,28	293,98	208,97	172,00
9	347,77	432,11	527,30	513,58	552,98	582,20	598,14	567,81	510,48	445,84	357,51	323,20
10	461,11	553,87	647,29	615,41	654,15	686,47	711,26	679,38	623,60	558,52	467,31	432,34
11	526,42	624,93	716,35	674,29	712,37	746,68	777,23	743,80	689,35	623,16	530,18	494,76
12	539,48	639,32	730,52	686,03	724,10	758,63	790,73	756,64	702,41	636,22	543,02	507,60
13	500,07	596,15	688,46	650,61	688,90	722,55	750,67	717,90	663,00	597,03	504,94	469,53
14	410,20	498,97	593,27	569,59	608,55	639,32	660,13	628,91	572,46	507,82	417,95	383,41
15	275,16	354,63	450,71	448,50	488,56	516,01	526,42	496,98	438,76	373,89	287,12	253,03
16	97,85	179,31	275,16	298,63	339,80	362,83	362,38	334,05	274,94	209,19	123,52	69,07
17	0,00	20,14	98,07	142,78	182,63	200,78	191,71	164,92	110,69	45,16	0,00	0,00
18	0,00	0,00	3,54	29,00	61,54	73,27	62,87	42,50	10,40	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	26,56	33,21	30,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Re (W/m² dia)	224,94	283,71	354,19	353,84	390,75	414,39	422,33	393,90	346,16	294,78	232,00	207,32

Multiplicant la radiació solar efectiva diària pel número de dies de cada més, s'obté la radiació efectiva mensual mitja disponible en la coberta:

Taula 57: Radiació efectiva (Re) mensual sobre una superfície inclinada orientada 31,46° i orientada al sud W/(m² mes)

Radiació efectiva incident sobre una superfície inclinada Re (W/m² mes)												
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
DIES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
kW/(m² mes)	6,97	7,94	10,98	10,62	12,11	12,43	13,09	12,21	10,38	9,14	6,96	6,43

A continuació per tal de calcular l'electricitat generada per les plaques, s'ha de calcular la tensió i la corrent que es genera per cada m² de placa, en les condicions de radiació solar anteriorment calculades (radiació efectiva).

Tot i que la màxima potència P_P que pot generar una placa fotovoltaica s'obté amb la multiplicació de la corrent I_{MP} i V_{MP} , és molt complex calcular aquest dos valors ja és el regulador l'encarregat de variar-los constantment per obtenir P_P en cada moment. És per això que es realitzarà aquesta aproximació:

(41)

$$P_P = V_{MP} * I_{MP} \approx P_P = \frac{I_{SC} * V_{OC}}{I_{SC(STC)} * V_{OC(STC)}}$$

On:

P_P = potència màxima que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica

V_{MP} = tensió en que s'assoleix la màxima potència P_P

I_{MP} = corrent en que s'assoleix la màxima potència P_P

V_{OC} = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en unes condicions determinades de radiació i temperatura [V]

$V_{OC(STC)}$ = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^\circ C$)

I_{SC} = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en unes condicions determinades de radiació i temperatura en [A]

$I_{SC(STC)}$ = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^\circ C$)

Realitzant aquesta aproximació, el càlcul de V_{OC} i I_{SC} es realitza amb les següents fórmules:

$$I_{SC} = I_{SC(STC)} * \frac{R_e}{R_{STC}} * (1 + \alpha * (T_c - T_{C(STC)})) \quad (42)$$

I_{SC} = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en unes condicions determinades de radiació i temperatura en [A]

$I_{SC(STC)}$ = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^\circ C$)

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [W/m^2]

$R_{e(STC)}$ = Radiació efectiva fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$)

α = coeficient de temperatura I_{SC} de la placa

T_c = la temperatura del captador en [$^\circ C$] (similar a la temperatura ambient)

$T_{C(STC)}$ = la temperatura del captador en [$^\circ C$] test estàndard (STC) ($T_{C(STC)}=25^\circ C$)

(43)

$$V_{OC} = V_{OC(STC)} * \left(1 + \beta * (T_c - T_{c(STC)})\right) * \left(1 - 0,04 * \left(\ln\left(\frac{R_e}{R_{STC}}\right)\right)^2\right)$$

V_{OC} = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en unes condicions determinades de radiació i temperatura. [V]

$V_{OC(STC)}$ = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^{\circ}C$)

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [W/m^2]

$R_{e(STC)}$ = Radiació efectiva fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$)

β = coeficient de temperatura V_{OC} de la placa

T_c = la temperatura del captador en [$^{\circ}C$] (similar a la temperatura ambient)

$T_{c(STC)}$ = la temperatura del captador en [$^{\circ}C$] test estàndard (STC) ($T_{c(STC)}=25^{\circ}C$)

Amb les característiques de les plaques i les temperatures horàries per dia tipus de cada més obtingudes també amb el PVGIS, es poden aplicar les fórmules anteriors per obtenir la quantitat d'energia generada per la instal·lació fotovoltaica.

Taula 58: Característiques tècniques de la placa Solar World 300 MONO

Pmax (Wp)	300
ISC (STC) [A]	9,83
VOC (STC) [V]	40
Eficiència del mòdul (%)	17,89
α ISC	0,0007
β VOC	-0,0029
α Pp	-0,0039
R STC (W/m^2)	1000
Tc STC ($^{\circ}C$)	25
Superfície moduls fotovoltaics per cada placa (m^2)	1,46

Taula 59: Temperatura ambient – plaques fotovoltaïques °C. Font: PVGIS

HORA (h)	Temperatura del captador (°C)											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,3	-0,3	3,4	8,5	13,0	17,5	20,6	19,2	14,5	10,3	5,0	0,5
6	0,9	0,9	4,7	9,8	14,6	19,0	21,8	20,4	15,8	11,6	6,1	1,2
7	2,4	3,3	7,4	12,0	16,2	20,6	23,2	22,2	18,2	14,1	8,2	2,7
8	4,4	6,0	10,4	14,4	17,9	22,1	24,7	24,2	20,8	16,8	10,8	4,8
9	6,6	8,4	12,7	16,3	19,5	23,6	26,2	25,9	22,7	18,9	12,9	7,1
10	8,8	10,0	14,0	17,4	20,9	25,0	27,5	27,1	23,7	20,0	14,5	9,5
11	10,6	11,2	14,6	17,9	21,8	25,9	28,6	27,9	24,1	20,6	15,5	11,6
12	12,0	12,0	14,9	18,1	22,3	26,4	29,1	28,3	24,2	20,9	16,1	13,1
13	12,7	12,4	15,0	18,0	22,1	26,3	29,2	28,2	24,3	21,1	16,5	13,7
14	12,5	12,3	14,9	17,7	21,5	25,8	28,8	27,8	24,1	20,9	16,3	13,4
15	11,4	11,4	14,3	17,1	20,7	25,0	28,0	27,1	23,6	20,1	15,3	12,0
16	9,6	9,8	13,3	16,2	19,6	24,0	26,9	26,3	22,8	18,7	13,6	9,8
17	7,5	7,9	12,0	15,3	18,6	22,9	25,8	25,4	21,8	17,1	11,7	7,4
18	5,6	6,2	10,8	14,3	17,5	21,8	24,6	24,3	20,8	15,8	10,0	5,3
19	4,6	5,3	10,0	13,6	16,8	21,1	23,9	23,7	20,2	15,1	9,2	4,3

Aplicant la fórmula 42, s'obtenen les corrents I_{sc} :

Taula 60: Corrents de curtcircuit I_{sc} [A]

HORA (h)	Corrent de curtcircuit I_{sc} [A]											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	0,07	0,32	0,44	0,34	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,32	0,74	1,09	1,23	1,13	0,89	0,46	0,07	0,00	0,00
7	0,23	0,84	1,78	2,14	2,55	2,76	2,71	2,43	1,86	1,20	0,38	0,05
8	1,86	2,61	3,56	3,67	4,08	4,34	4,39	4,11	3,52	2,87	2,03	1,67
9	3,37	4,20	5,14	5,02	5,41	5,72	5,88	5,59	5,01	4,36	3,48	3,14
10	4,48	5,39	6,31	6,02	6,41	6,75	7,00	6,69	6,12	5,47	4,56	4,20
11	5,12	6,08	6,99	6,60	6,99	7,34	7,66	7,33	6,77	6,11	5,18	4,82
12	5,25	6,23	7,13	6,71	7,10	7,46	7,80	7,45	6,90	6,24	5,30	4,95
13	4,87	5,81	6,72	6,36	6,76	7,11	7,40	7,07	6,51	5,85	4,93	4,58
14	4,00	4,86	5,79	5,57	5,97	6,29	6,51	6,19	5,62	4,98	4,08	3,74
15	2,68	3,45	4,40	4,38	4,79	5,07	5,19	4,89	4,31	3,66	2,80	2,46
16	0,95	1,74	2,68	2,92	3,33	3,56	3,57	3,29	2,70	2,05	1,20	0,67
17	0,00	0,20	0,96	1,39	1,79	1,97	1,89	1,62	1,09	0,44	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,03	0,28	0,60	0,72	0,62	0,42	0,10	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,33	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Aplicant la fórmula 43, s'obtenen les tensions V_{oc} :

Taula 61: Tensions de circuit obert V_{oc} [V]

HORA (h)	Tensió de circuit obert V_{oc} [V]											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,51	21,97	25,08	22,36	14,63	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	22,64	30,71	33,26	33,71	32,83	31,22	25,74	1,33	0,00	0,00
7	18,74	32,40	37,21	37,69	38,05	37,90	37,55	37,19	36,29	34,05	24,40	0,00
8	37,79	39,29	40,01	39,66	39,57	39,26	39,00	38,88	38,80	38,50	37,57	37,10
9	40,26	40,74	40,75	40,29	40,07	39,69	39,45	39,39	39,54	39,65	39,65	39,93
10	40,88	41,15	40,97	40,50	40,19	39,78	39,52	39,52	39,80	40,03	40,27	40,62
11	40,98	41,24	41,03	40,57	40,18	39,76	39,48	39,52	39,89	40,15	40,44	40,73
12	40,88	41,18	41,02	40,57	40,15	39,72	39,43	39,50	39,89	40,14	40,42	40,62
13	40,63	41,01	40,93	40,51	40,12	39,68	39,38	39,45	39,82	40,02	40,22	40,37
14	40,13	40,67	40,73	40,33	40,01	39,58	39,29	39,33	39,61	39,73	39,76	39,83
15	38,81	39,79	40,20	39,87	39,67	39,30	39,00	38,98	39,07	39,00	38,57	38,37
16	32,76	36,83	38,61	38,62	38,73	38,47	38,14	37,93	37,57	36,74	34,09	29,83
17	0,00	16,38	32,55	34,90	36,04	36,10	35,56	34,77	32,55	25,21	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	20,57	28,16	29,34	27,79	24,09	6,73	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	19,39	21,69	20,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Finalment amb els corrents I_{sc} i les tensions V_{oc} , es pot calcular la potència generada amb la fórmula 41:

Taula 62: Potència en corrent continu horària generada en un dia tipus de cada més per m^2 . P_p [W/m^2]

HORA (h)	Potència pic DC generada [W/m^2]											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	0,08	5,32	8,37	5,89	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	5,52	17,40	27,58	31,71	28,28	21,23	9,04	0,07	0,00	0,00
7	3,28	20,87	50,59	61,44	73,90	79,68	77,64	69,09	51,45	31,30	7,13	0,00
8	53,73	78,20	108,62	111,03	123,03	129,91	130,71	121,86	104,23	84,40	58,29	47,18
9	103,65	130,51	159,77	154,23	165,54	173,15	177,10	167,84	151,14	132,01	105,41	95,58
10	139,77	169,16	197,35	185,94	196,60	204,80	211,21	201,65	185,95	167,08	140,10	130,29
11	160,18	191,40	218,82	204,14	214,21	222,80	230,74	220,92	206,09	187,06	159,74	149,72
12	163,88	195,65	223,12	207,73	217,63	226,21	234,54	224,66	210,04	190,99	163,58	153,36
13	151,08	181,77	209,86	196,69	206,85	215,22	222,38	212,91	197,88	178,72	151,42	141,02
14	122,38	150,84	179,94	171,40	182,15	189,91	195,03	185,90	169,96	150,88	123,88	113,60
15	79,33	104,82	134,86	133,36	144,93	152,09	154,31	145,50	128,45	108,99	82,48	72,15
16	23,78	49,00	79,02	85,97	98,33	104,61	103,79	95,12	77,36	57,39	31,33	15,29
17	0,00	2,44	23,73	37,12	49,14	54,28	51,15	43,01	26,96	8,49	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	4,44	12,93	16,09	13,10	7,68	0,52	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	3,84	5,39	4,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

En la taula anterior, es poden observar les potències màximes i mínimes en corrent continu que es poden extreure en un dia tipus de cada mes W/m^2 . Per obtenir la potència en corrent continu que genera cada hora un sistema fotovoltaic, només s'ha de multiplicar la superfície que ocupen el número de plaques fotovoltaïques a instal·lar:

(44)

$$P_{pnplagues} = P_p * N_{plagues} * S_{total \text{ cèl·lules plaques}}$$

On

$P_{pnplagues}$ = la potència generada per n plaques instal·lades en [W]

$N_{plagues}$ = al número total de plaques a instal·lar

$S_{mòduls plaques}$ = la superfície total que ocupen el conjunt de cèl·lules que formen la placa fotovoltaica

La potència generada en cada franja horària multiplicat per 1h, és l'energia obtinguda en aquella hora [Wh/m^2], per tant si es suma l'energia obtinguda cada hora, s'obté la potència generada per dia [kWh/dia] i multiplicant aquest resultat pel número de dies del més s'obté la potència generada per més [kWh/mes].

Escenari A: camp fotovoltaic format per 23 plaques fotovoltaïques*Taula 63: Energia en corrent continu DC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 23 plaques fotovoltaïques*

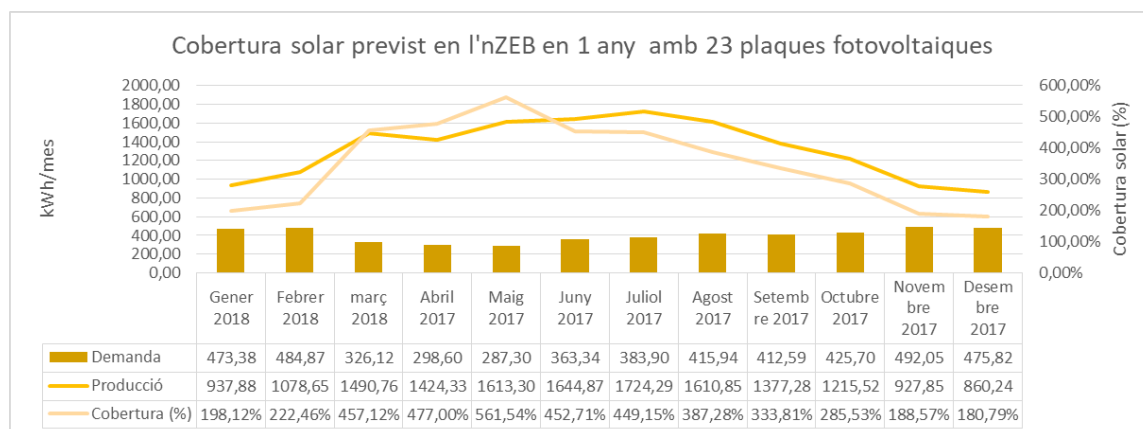
Energia DC generada per 23 moduls plaques fotovoltaïques (33,58 m² de cèl·lules fotovoltaïques) [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	2,77	178,54	281,00	197,63	67,15	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	185,36	584,40	926,05	1064,85	949,52	713,05	303,72	2,43	0,00	0,00
7	110,02	700,92	1698,66	2063,29	2481,64	2675,49	2607,16	2319,98	1727,63	1051,17	239,29	0,00
8	1804,21	2626,12	3647,37	3728,33	4131,44	4362,36	4389,11	4092,16	3500,01	2833,99	1957,45	1584,38
9	3480,49	4382,66	5365,09	5178,93	5558,96	5814,30	5946,92	5635,99	5075,34	4433,00	3539,77	3209,44
10	4693,57	5680,50	6627,13	6243,81	6601,91	6877,09	7092,27	6771,34	6244,23	5610,61	4704,42	4375,12
11	5378,84	6427,23	7348,00	6855,02	7193,13	7481,53	7748,30	7418,64	6920,45	6281,49	5364,18	5027,76
12	5503,14	6569,79	7492,40	6975,41	7308,02	7596,09	7875,88	7544,21	7053,11	6413,60	5493,16	5149,77
13	5073,43	6103,79	7047,23	6604,96	6946,13	7227,08	7467,41	7149,54	6644,91	6001,40	5084,70	4735,56
14	4109,63	5065,27	6042,22	5755,66	6116,59	6377,31	6549,18	6242,36	5707,11	5066,70	4159,94	3814,65
15	2663,81	3519,84	4528,48	4478,13	4866,73	5107,30	5181,56	4885,90	4313,50	3660,04	2769,76	2422,88
16	798,57	1645,47	2653,52	2886,86	3302,04	3512,72	3485,34	3194,19	2597,68	1927,29	1052,17	513,37
17	0,00	82,09	796,70	1246,37	1650,01	1822,69	1717,64	1444,43	905,22	285,16	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	149,07	434,22	540,27	439,83	257,75	17,58	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	128,97	180,93	154,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	33,62	42,80	53,43	52,75	57,82	60,92	61,80	57,74	51,01	43,57	34,36	30,83
Pp generada [kWh mes]	1042,09	1198,50	1656,40	1582,59	1792,56	1827,63	1915,88	1789,84	1530,31	1350,57	1030,95	955,82

Considerant un inversor amb un rendiment del 90%, l'energia en corrent altern AC obtingut seria el que apareix en la següent taula:

Taula 64 Energia en corrent altern AC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 23 plaques fotovoltaïques amb un inversor amb rendiment 90%

Energia AC generada per 23 moduls plaques fotovoltaïques 33,58 m² de cèl·lules fotovoltaïques) [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	2,50	160,68	252,90	177,86	60,44	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	166,83	525,96	833,45	958,36	854,57	641,75	273,35	2,19	0,00	0,00
7	99,02	630,82	1528,80	1856,96	2233,48	2407,94	2346,45	2087,98	1554,87	946,05	215,36	0,00
8	1623,79	2363,50	3282,63	3355,49	3718,29	3926,12	3950,20	3682,95	3150,01	2550,59	1761,71	1425,94
9	3132,44	3944,40	4828,58	4661,04	5003,06	5232,87	5352,23	5072,39	4567,80	3989,70	3185,79	2888,49
10	4224,21	5112,45	5964,41	5619,43	5941,72	6189,38	6383,04	6094,21	5619,80	5049,55	4233,97	3937,61
11	4840,95	5784,51	6613,20	6169,51	6473,82	6733,38	6973,47	6676,77	6228,41	5653,34	4827,76	4524,98
12	4952,82	5912,81	6743,16	6277,87	6577,22	6836,48	7088,29	6789,79	6347,80	5772,24	4943,84	4634,80
13	4566,09	5493,41	6342,50	5944,46	6251,52	6504,38	6720,67	6434,58	5980,42	5401,26	4576,23	4262,00
14	3698,67	4558,75	5438,00	5180,09	5504,93	5739,58	5894,26	5618,13	5136,40	4560,03	3743,95	3433,18
15	2397,43	3167,86	4075,63	4030,32	4380,06	4596,57	4663,41	4397,31	3882,15	3294,04	2492,79	2180,59
16	718,71	1480,92	2388,17	2598,17	2971,84	3161,45	3136,80	2874,77	2337,91	1734,57	946,95	462,03
17	0,00	73,88	717,03	1121,73	1485,01	1640,42	1545,88	1299,99	814,70	256,64	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	134,17	390,80	486,24	395,85	231,97	15,83	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	116,07	162,84	139,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	30,25	38,52	48,09	47,48	52,04	54,83	55,62	51,96	45,91	39,21	30,93	27,75
Pp generada [kWh mes]	937,88	1078,65	1490,76	1424,33	1613,30	1644,87	1724,29	1610,85	1377,28	1215,52	927,85	860,24

L'energia obtinguda ocupant tota la superfície disponible de la coberta amb 23 plaques és molt elevada. Tenint en compte que el consum d'electricitat mig previst de l'edifici en nZEB és de 13,36 kWh/dia es supera amb escreix la demanda diària d'electricitat prevista.



Gràfic 59: Percentatge d'energia cobert pel sistema solar fotovoltaic en l'edifici nZEB amb 23 plaques fotovoltaïques

Fent una previsió dels consums nZEB en base al consums reals d'electricitat en l'últim any de l'edifici actual i afegint el consum de l'equip d'aerotèrmica, s'obté el gràfic 59. En aquest gràfic es fa evident que l'energia generada cobreix el 100% de la demanda energètica de l'edifici, amb una sobreproducció energètica el mes més desfavorable del 169,24% mentre que el mes més favorable és del 561,54%.

Escenari B: camp fotovoltaic format per 13 plaques fotovoltaïques

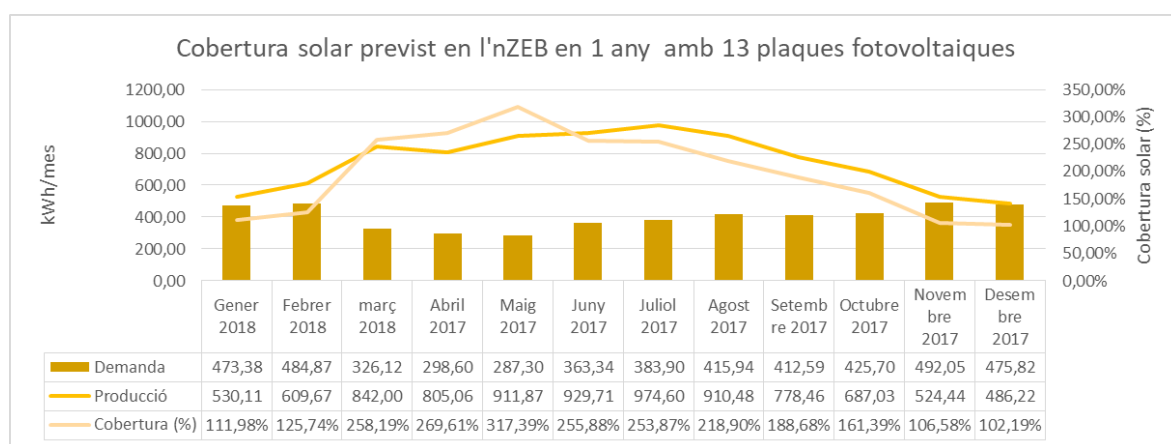
Taula 65: Energia en corrent continu DC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 13 plaques fotovoltaïques

Energia DC generada per 13 moduls plaques fotovoltaïques (18,98 m ² de cèl·lules fotovoltaïques) [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,57	100,91	158,83	111,70	37,96	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	104,77	330,31	523,42	601,87	536,69	403,03	171,67	1,37	0,00	0,00
7	62,19	396,17	960,11	1166,21	1402,67	1512,23	1473,61	1311,29	976,49	594,14	135,25	0,00
8	1019,77	1484,33	2061,56	2107,31	2335,16	2465,68	2480,80	2312,96	1978,27	1601,82	1106,39	895,52
9	1967,23	2477,16	3032,44	2927,22	3142,02	3286,34	3361,30	3185,56	2868,67	2505,61	2000,74	1814,03
10	2652,89	3210,72	3745,77	3529,11	3731,52	3887,05	4008,67	3827,28	3529,34	3171,21	2659,02	2472,90
11	3040,21	3632,78	4153,22	3874,57	4065,68	4228,69	4379,47	4193,14	3911,56	3550,41	3031,93	2841,77
12	3110,47	3713,36	4234,83	3942,63	4130,62	4293,44	4451,58	4264,12	3986,54	3625,08	3104,83	2910,74
13	2867,59	3449,97	3983,21	3733,24	3926,07	4084,87	4220,71	4041,04	3755,82	3392,10	2873,96	2676,62
14	2322,83	2862,98	3415,17	3253,20	3457,20	3604,57	3701,71	3528,29	3225,76	2863,79	2351,27	2156,11
15	1505,63	1989,48	2559,57	2531,12	2750,76	2886,73	2928,71	2761,60	2438,06	2068,72	1565,52	1369,45
16	451,37	930,05	1499,82	1631,70	1866,37	1985,45	1969,97	1805,41	1468,25	1089,34	594,70	290,16
17	0,00	46,40	450,31	704,47	932,62	1030,22	970,84	816,42	511,65	161,18	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	84,26	245,43	305,37	248,60	145,68	9,94	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	72,90	102,26	87,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	19,00	24,19	30,20	29,82	32,68	34,43	34,93	32,63	28,83	24,62	19,42	17,43
Pp generada [kWh mes]	589,01	677,41	936,22	894,51	1013,18	1033,01	1082,89	1011,65	864,96	763,37	582,71	540,25

Suposant el mateix rendiment en l'inversor (90%), s'obtenen les següents potències en corrent altern AC:

Taula 66: Energia en corrent altern AC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 13 plaques fotovoltaïques amb un inversor amb rendiment 90%

Energia AC generada per 13 moduls plaques fotovoltaïques 18,98 m ² de cèl·lules fotovoltaïques [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,41	90,82	142,94	100,53	34,16	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	94,29	297,28	471,08	541,68	483,02	362,73	154,50	1,24	0,00	0,00
7	55,97	356,55	864,10	1049,58	1262,40	1361,01	1326,25	1180,16	878,84	534,73	121,73	0,00
8	917,79	1335,89	1855,40	1896,58	2101,64	2219,11	2232,72	2081,67	1780,44	1441,64	995,75	805,97
9	1770,51	2229,44	2729,20	2634,50	2827,82	2957,71	3025,17	2867,00	2581,80	2255,05	1800,67	1632,63
10	2387,60	2889,65	3371,19	3176,20	3358,36	3498,35	3607,81	3444,55	3176,41	2854,09	2393,12	2225,61
11	2736,19	3269,50	3737,90	3487,12	3659,12	3805,82	3941,52	3773,83	3520,40	3195,37	2728,73	2557,60
12	2799,42	3342,02	3811,35	3548,36	3717,56	3864,10	4006,43	3837,71	3587,89	3262,57	2794,35	2619,67
13	2580,83	3104,97	3584,89	3359,91	3533,47	3676,39	3798,64	3636,94	3380,24	3052,89	2586,56	2408,96
14	2090,55	2576,68	3073,65	2927,88	3111,48	3244,11	3331,54	3175,46	2903,18	2577,41	2116,14	1940,49
15	1355,07	1790,53	2303,62	2278,01	2475,69	2598,06	2635,84	2485,44	2194,26	1861,85	1408,97	1232,51
16	406,23	837,04	1349,84	1468,53	1679,74	1786,91	1772,98	1624,87	1321,43	980,41	535,23	261,15
17	0,00	41,76	405,28	634,02	839,35	927,19	873,76	734,78	460,48	145,06	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	75,83	220,89	274,83	223,74	131,11	8,95	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	65,61	92,04	78,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	17,10	21,77	27,18	26,84	29,42	30,99	31,44	29,37	25,95	22,16	17,48	15,68
Pp generada [kWh mes]	530,11	609,67	842,60	805,06	911,87	929,71	974,60	910,48	778,46	687,03	524,44	486,22



Gràfic 60: Percentatge d'energia cobert pel sistema solar fotovoltaic en l'edifici nZEB amb 13 plaques fotovoltaïques

Realitzant la mateixa previsió de consum que en l'escenari A tenint en compte la producció de 13 plaques, s'obté el gràfic 60. En aquest gràfic l'energia generada cobreix el 100% de la demanda energètica de l'edifici durant tot l'any. No obstant en comparació amb l'escenari B, els factors de cobertura solar obtinguts al novembre i el desembre són molt més justos. Amb una sobreproducció energètica el mes més desfavorable del 102,19% mentre que el mes més favorable és del 317,93%.

Veient aquets resultats, es considera que la instal·lació plantejada en l'escenari A, és massa gran i el fet de tenir que construir una superfície horitzontal per poder instal·lar les plaques fotovoltaïques encarrirà molt la seva instal·lació.

En canvi l'escenari B, en el qual s'aprofita únicament la coberta sud instal·lant 13 plaques fotovoltaïques, es considera més adequada per cobrir el 100% de les necessitats de l'edifici nZEB. La producció d'energia elèctrica en aquesta instal·lació, s'adapta millor al consum anual de l'edifici, el cost econòmic d'aquesta opció és més reduïda al comptar amb menors plaques fotovoltaïques, un inversor més petit i el fet de no tenir que adaptar la coberta creant una estructura horitzontal.

L'únic inconvenient que presenta aquesta opció, és el baix marge de cobertura solar els mesos de novembre i desembre sent inferiors al 110%. No obstant això, s'ha de tenir en compte que es preveu instal·lar un aerogenerador que donarà suport a la instal·lació fotovoltaica i un sistema d'emmagatzematge per bateries per lo que no s'haurien de produir problemes de subministrament elèctric durant aquets mesos.

Un cop escollida la configuració final de la instal·lació solar, només queda escollir l'inversor adequat pel camp solar de 13 panells fotovoltaics, dimensionar el sistema d'emmagatzematge elèctric per bateries i escollir el número de panells fotovoltaics en sèrie / paral·lel del sistema.

Inversor i control de càrrega de les bateries

L'inversor a escollir, ha de ser capaç de suportar la potència pic màxima generada pels 13 panells solars a instal·lar més la potència màxima generada per l'aerogenerador domèstic. Com es veurà en apartats posteriors, l'aerogenerador escollit és un Technosun FSH 2000, capaç d'entregar una potència màxima de 2000W.

(45)

$$P_{pic \text{ camp solar}} = N_{plaques \text{ fotovoltaïques}} * P_{pic \text{ 1placa}}$$

On:

$P_{pic \text{ camp solar}}$ = és la potència pic del conjunt de plaques de la instal·lació fotovoltaica [W]

$N_{plaques \text{ fotovoltaïques}}$ = número de plaques que formen la instal·lació fotovoltaica

$P_{pic \text{ 1placa}}$ = és la potència pic d'una placa fotovoltaica segons el test estàndard [W]

Per tant :

(46)

$$P_{pic \text{ camp solar}} = 13 * 300 = 3900W$$

L'inversor a escollir, ha de tenir una potència no inferior a la suma de la potència pic de la instal·lació solar i l'aerogenerador, donen una potència total de 5900W.

L'inversor escollit finalment, és un inversor de 6000W de potència marca Fronius primo model 6.0-1, s'escull aquest inversor perquè és capaç de suportar la potència màxima del sistema fotovoltaic híbrid (energia solar + eòlica) i perquè en el seu interior porta incorporat un regulador de càrrega de tipus MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). Les característiques tècniques del inversor, es troben en l'annex F.



Imatge 133: Inversor Fronius primo model 6.0-1

Aquest regulador és l'encarregat de controlar la càrrega i descàrrega de les bateries i de fer funcionar el sistema per assolir la màxima potència generada per les plaques fotovoltaïques en cada moment assolint una producció solar superior a la que s'assoliria amb un regulador PWM (*Pulse Width Modulation*).

Escollint aquest inversor, ja es pot calcular el nombre de plaques en sèrie i fileres de plaques en paral·lel que conformen el sistema:

El nombre màxim de plaques fotovoltaïques en sèrie, correspon a la tensió màxima de funcionament de l'inversor $V_{(MPP) \max inv}$ dividit entre la tensió en circuit obert del mòdul en condicions estàndard a una temperatura baixa $V_{(OC) placa}$:

$$V_{oc(placa, -10^{\circ}C)} = \left(1 - 35^{\circ}C * \frac{\beta}{100}\right) * V_{OC,STC} = \left(1 - 35^{\circ}C * \frac{-0,29}{100}\right) * 40$$

$$= 44,06 V \quad (47)$$

$$Nmàx, sèrie = \frac{V_{(MPP) \max inv}}{V_{oc(placa - 10^{\circ}C)}} = \frac{800 V}{44,06 V} = 18,15 \approx 18 \text{ plaques} \quad (48)$$

On:

$V_{oc(placa, -10^{\circ}C)}$ = és la tensió en circuit obert del mòdul en condicions estàndard a una temperatura baixa

β = característica tèrmica de la placa fotovoltaica (%/°C)

$V_{OC,STC}$ = tensió en circuit obert de la placa segons test estàndard [V]

$Nmàx, sèrie$ = número màxim de plaques en sèrie que pot suportar l'inversor

$V_{(MPP) \max inv}$ = tensió màxima de l'inversor en el punt MPP [V]

El nombre mínim de plaques fotovoltaïques en sèrie, correspon a la tensió mínima de funcionament de l'inversor $V_{(MPP) \min inv}$ dividit entre la tensió en el punt de màxima potencia del mòdul en condicions estàndard a una temperatura elevada $V_{(MPP) placa}$:

$$V_{MPP(placa, 70^{\circ}C)} = \left(1 + 45^{\circ}C * \frac{\beta}{100}\right) * V_{MP STC} = \left(1 + 45^{\circ}C * \frac{-0,29}{100}\right) * 32,6$$

$$= \mathbf{28,34 V}$$

$$N_{min, sèrie} = \frac{V_{(MPP) \min inv}}{V_{MPP(placa, 70^{\circ}C)}} = \frac{240 V}{28,34 V} = 8,48 \approx \mathbf{9 plaques}$$

On:

$V_{MPP(placa, 70^{\circ}C)}$ = re la tensió en el punt de màxima potencia del mòdul en condicions estàndard a una temperatura elevada

β = característica tèrmica de la placa fotovoltaica (%/°C)

$V_{MP STC}$ = tensió en el punt de màxima potència de la placa segons test estàndard [V]

$N_{min, sèrie}$ = número mínim de plaques en sèrie que pot suportar l'inversor

$V_{(MPP) \min inv}$ = tensió mínima de l'inversor en el punt MPP [V]

No és necessari calcular quantes fileres de plaques es poden connectar en paral·lel ja que el nombre mínim de plaques que es poden instal·lar en sèrie són 9 plaques, com que la instal·lació solar escollida esta composta per 13 plaques, aquestes només es poden connectar en sèrie entre si.

Bateries

La quantitat de bateries a instal·lar, ha de ser suficient per proporcionar energia durant els períodes de temps en que el sistema fotovoltaic no genera suficient electricitat per cobrir la demanda, és a dir durant la nit i les hores amb baixa radiació solar. En el CTE, tot i que en aquest cas no és d'aplicació, es recomana dimensionar el sistema d'emmagatzematge per bateries per poder proporcionar durant 3 dies la energia mitjana diària demandada anualment.

Tenint en compte que la demanda mitjana anual diària d'energia elèctrica prevista en l'edifici nZEB és de 13,36 kWh/dia, es decideix que es dimensionarà el sistema per a proporcionar el 100% de la

demanda de l'edifici nZEB durant com a mínim 3 dies, suposant que el sistema fotovoltaic i l'aerogenerador domèstic no proporcionen energia.

Per calcular la capacitat que han de tenir el conjunt de bateries, s'utilitza la següent fórmula:

(51)

$$C_{20} = \frac{A * C_D}{PD_{max} * n_{inv} * n_{reg+bat}} = \frac{3 * \left(\frac{13,36kW}{220V}\right)}{1 * 0,973 * 0,8} = 234,04Ah$$

On:

C_{20} = la capacitat que han de tenir el conjunt de bateries escollides en un règim de descàrrega de 20h [Ah]

A= autonomia del sistema en dies per cobrir el 100% de la demanda mitjana diària d'electricitat.

C_D = demanda diària mitja en [Ah]

PD_{max} = Profunditat màxima de descàrrega de la bateria

n_{inv} = rendiment de l'inversor

$n_{reg+bat}$ = rendiment del regulador + la bateria, es suposa un 80 % (rendiment regulador aproximadament del 100% i de les bateries un 80%)

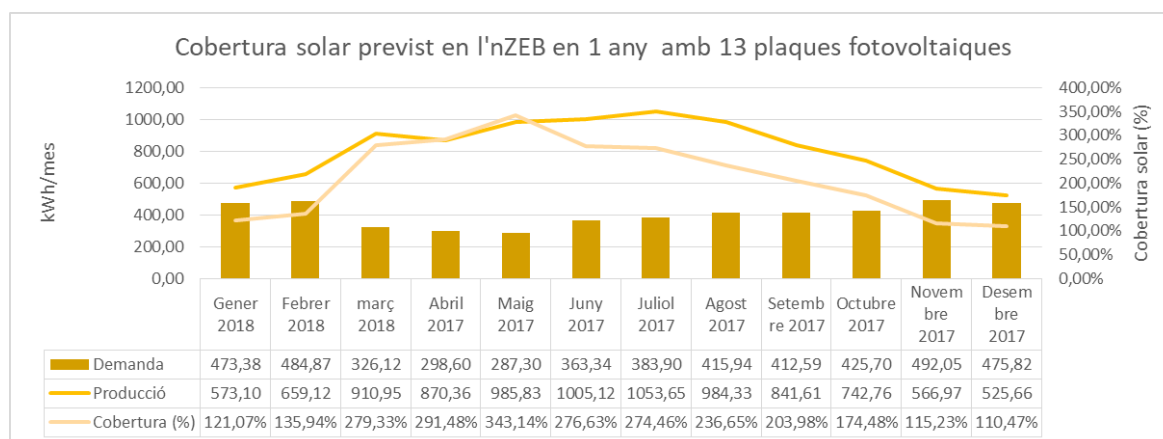
La capacitat de la bateria ha de ser com a mínim de 234,04Ah, les bateries escollides són de la marca Rolls MODEL S480, amb una duració estimada de (2500-500 cicles de càrrega) i amb una capacitat C_{20} = 375 Ah formada per 4 bateries en sèrie a una tensió total de 24V. Amb aquesta capacitat, es garanteix poder cobrir la demanda durant 4,8 dies superant el mínim de 3 dies fixat per objectiu i assegurant una reserva energètica suficient per garantir el subministrament a l'edifici nZEB.

6.2.4. Producció energètica de la instal·lació solar dissenyada

Amb tots els elements escollits, a continuació es presenta la generació energètica real de la instal·lació solar escollida (escenari B), ja que anteriorment s'havia suposat un rendiment de l'inversor del 90% per poder fer la comparació entre un camp solar format per 23 i 13 plaques solars, i el rendiment de l'inversor escollit té un rendiment del 97,3%:

Taula 67: Energia en corrent altern AC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 13 plaques fotovoltaïques amb l'inversor Fronius primo model 6.0-1 rendiment 97,3%

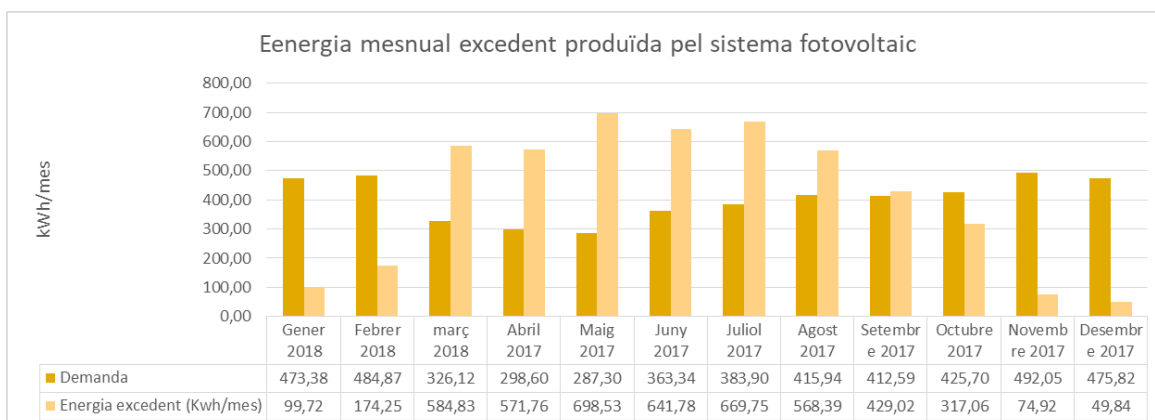
Energia AC generada per 13 moduls plaques fotovoltaïques 18,98 m² de cèl·lules fotovoltaïques [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,53	98,19	154,54	108,69	36,93	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	101,94	321,39	509,29	585,62	522,20	392,15	167,04	1,34	0,00	0,00
7	60,51	385,47	934,19	1134,72	1364,80	1471,40	1433,83	1275,89	950,12	578,10	131,60	0,00
8	992,24	1444,25	2005,89	2050,42	2272,11	2399,11	2413,82	2250,51	1924,86	1558,57	1076,51	871,34
9	1914,12	2410,27	2950,57	2848,19	3057,18	3197,61	3270,55	3099,55	2791,21	2437,96	1946,72	1765,05
10	2581,26	3124,03	3644,63	3433,82	3630,76	3782,10	3900,44	3723,94	3434,05	3085,59	2587,22	2406,13
11	2958,13	3534,70	4041,08	3769,96	3955,91	4114,52	4261,23	4079,93	3805,95	3454,55	2950,06	2765,05
12	3026,49	3613,10	4120,49	3836,17	4019,10	4177,52	4331,39	4148,99	3878,91	3527,20	3021,00	2832,15
13	2790,17	3356,82	3875,67	3632,44	3820,07	3974,58	4106,75	3931,94	3654,41	3300,51	2796,36	2604,35
14	2260,12	2785,68	3322,96	3165,36	3363,86	3507,25	3601,76	3433,03	3138,66	2786,46	2287,79	2097,89
15	1464,98	1935,76	2490,47	2462,78	2676,49	2808,79	2849,64	2687,03	2372,23	2012,86	1523,25	1332,48
16	439,18	904,94	1459,32	1587,65	1815,98	1931,84	1916,78	1756,66	1428,61	1059,93	578,65	282,33
17	0,00	45,15	438,15	685,45	907,43	1002,40	944,63	794,37	497,83	156,82	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	81,98	238,80	297,12	241,89	141,75	9,67	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	70,93	99,50	85,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	18,49	23,54	29,39	29,01	31,80	33,50	33,99	31,75	28,05	23,96	18,90	16,96
Pp generada [kWh mes]	573,10	659,12	910,95	870,36	985,83	1005,12	1053,65	984,33	841,61	742,76	566,97	525,66



Gràfic 61: Percentatge d'energia cobert pel sistema solar fotovoltaic en l'edifici nZEB amb 13 plaques fotovoltaïques amb l'inversor Fronius primo model 6.0-1 rendiment 9,37%

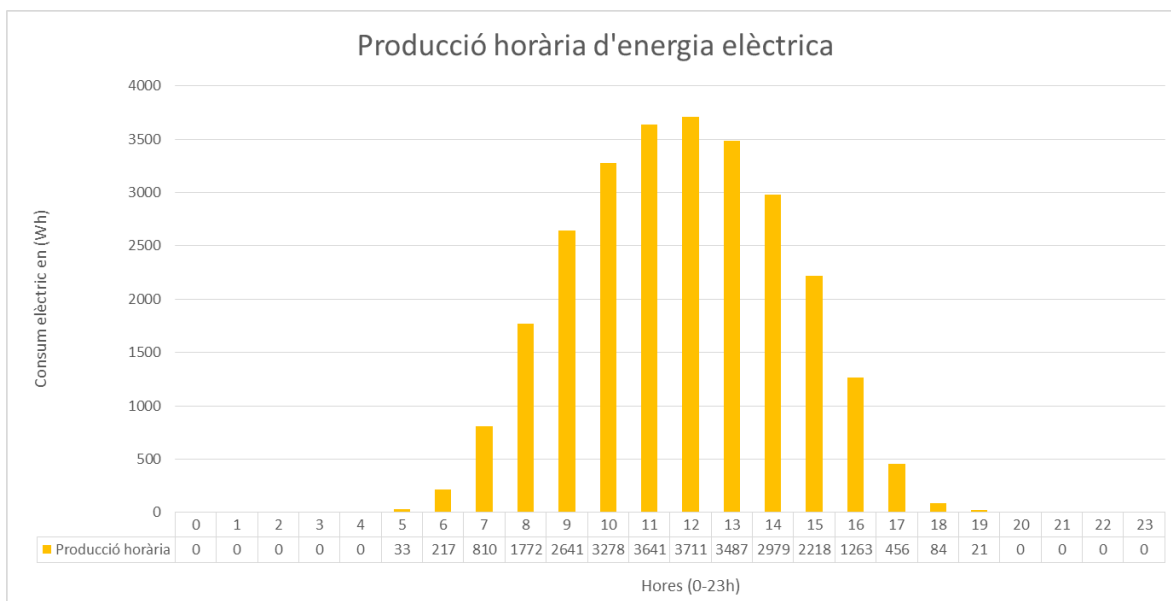
En la taula 67 i el gràfic 61, representen la generació real d'energia del sistema fotovoltaic escollit amb el rendiment de l'inversor Fronius primo model 6.0-1 amb (97%). Aquest rendiment al ser superior al suposat en els primers càlculs, s'obté una major producció energètica sent el factor de cobertura solar més petit de 110,47%, amb una producció anual de **9719,46 kWh/any**.

Amb tota la instal·lació de generació dimensionada, a falta del generador eòlic, la generació d'energia elèctrica obtinguda amb la instal·lació solar composta per 13 plaques de 300Wp cadascuna, és suficient per cobrir la demanda energètica de l'edifici i no faria falta connectar-la a la xarxa de distribució elèctrica.



Gràfic 62: Energia mensual excedent produïda pel sistema fotovoltaic

No obstant, tal i com es pot veure en el gràfic 62, la quantitat d'energia elèctrica generada durant gran part de l'any és molt superior a la demanda i per això es decideix connectar l'edifici a la xarxa per vendre l'excedent produït. D'aquesta manera, es podrà amortitzar la instal·lació més ràpidament i es contribuirà a millorar el mixt energètic de la xarxa ja que aquesta electricitat es produeix amb energies renovables no contaminants. En el cas que les instal·lacions de generació energètica instal·lades en l'edifici resultessin avariades, amb la connexió a la xarxa es pot garantir el subministrament elèctric a l'edifici un cop s'hagin esgotat les bateries.



Gràfic 63: Producció horària mig de la instal·lació fotovoltaica

En el gràfic 63, es pot observar la producció d'energia elèctrica de la instal·lació solar. Aquesta genera energia suficient per cobrir les necessitats de consum elèctric durant les hores centrals del dia, mentre que les bateries dissenyades, hauran de proporcionar energia les hores de menor o nul·la radiació solar (17-6)h.

En aquest gràfic també s'observa l'enorme quantitat d'energia sobrant generada. Per vendre aquesta energia, s'haurà d'instal·lar un comptador intel·ligent per comptabilitzar l'energia aportada a la xarxa i realitzar tots els procediments administratius requerits en el moment de fer la instal·lació.

La ubicació de les plaques fotovoltaïques sobre la coberta i l'esquema de connexió, corresponen als plànols 11 i 12.

6.3. Instal·lació mini eòlica

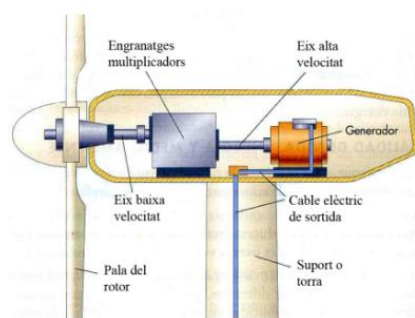
Per tal d'incrementar i assegurar la disponibilitat d'energia elèctrica d'autoconsum en l'edifici nZEB, s'opta per instal·lar un aerogenerador domèstic. Aquesta instal·lació, utilitza com a font d'energia renovable el vent per generar energia elèctrica gratuïta i no contaminant. A diferència de la instal·lació solar fotovoltaica, pot generar energia les 24h del dia sempre que hi hagi una velocitat de vent suficient per fer-lo funcionar.

L'aerogenerador s'ubicarà en la part més alta de la teulada per poder accedir al recurs eòlic amb major freqüència i velocitat, procurant que la ubicació d'aquest nou element no perjudiqui a la producció solar. Amb la introducció d'aquest equip, el sistema de generació d'energia elèctrica del edifici nZEB, serà un sistema híbrid que utilitza com a fonts d'energia renovable el sol i el vent.

6.3.1. Marc teòric i funcionament

Aquesta tecnologia es basa en capturar l'energia cinètica del vent i transformar-la en energia de rotació, la qual durant milers d'anys s'ha utilitzat de forma directe per moldre grans de cereals, extreure aigua dels pous o més recentment per generar electricitat.

Tot i que a finals del segle XIX ja s'utilitzava l'energia eòlica per generar electricitat, no va ser fins a mitjans del segle XX que es va començar a generar energia elèctrica de forma segura i eficient utilitzant molins de vent moderns dissenyats amb aquesta finalitat.



Imatge 134: Interior aerogenerador

Aquets molins són capaços de generar energia elèctrica, per fer-ho estan equipats amb unes pales les quals per efecte del vent, produeixen un moviment rotatori que es transfereix a un eix, el qual pot estar o no connectat a una caixa d'engranatges (multiplicador) per augmentar o disminuir la velocitat de rotació. Independentment de si l'aerogenerador equipa o no multiplicador, el moviment rotatori de l'eix es transfereix al rotor d'un generador produint energia elèctrica.

A partir de les lleis de l'electromagnetisme i en concret la llei de Faraday – Lenz, es pot explicar com els generadors elèctrics dels aerogeneradors, poden transformar l'energia de rotació en energia elèctrica.

Aquesta llei estableix que sempre que es produeix una variació del flux de camp magnètic en una regió de l'espai, es genera una força electromotriu induïda que s'oposa a la causa que la genera. Aquesta força electromotriu induïda, és una tensió [V] que genera un corrent induït I [A] a un conductor i que s'oposa a la variació de la força electromotriu induïda.

La llei de Faraday – Lenz, s'expressa amb la següent fórmula:

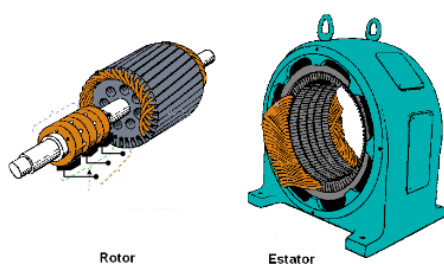
(52)

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

On:

E= és el camp elèctric

B= és el camp magnètic



Imatge 135: rotor i estator d'un generador

El moviment del rotor dintre l'estator, provoca constantment una variació de flux de camp magnètic en la superfície definida per les bobines situades a l'interior del generador, generant un corrent. Normalment tots els generadors necessiten un transformador o un inversor per tal d'adaptar el corrent (CA) o (CC) generat per poder-lo injectar a la xarxa o utilitzar-lo directament.

Les pales que formen l'aerogenerador, són les encarregades de capturar l'energia del vent i transformar-la en energia de rotació. Quan més gran és la superfície circular que defineix la rotació de les pales i major sigui l'altura en que es troben aquestes, major és la quantitat d'energia capturada i la producció elèctrica del aerogenerador.

L'energia que es pot extreure del vent queda definida per la següent expressió:

(53)

$$P_W = \frac{1}{2} * \rho * A * V_W^3 * C_P$$

On:

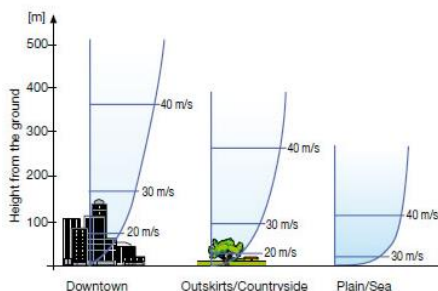
ρ = la densitat de l'aire.

A= àrea definida per la rotació de les pales de l'aerogenerador [m²]

V_w= velocitat del vent en [m/s]

C_p = Coeficient de potència

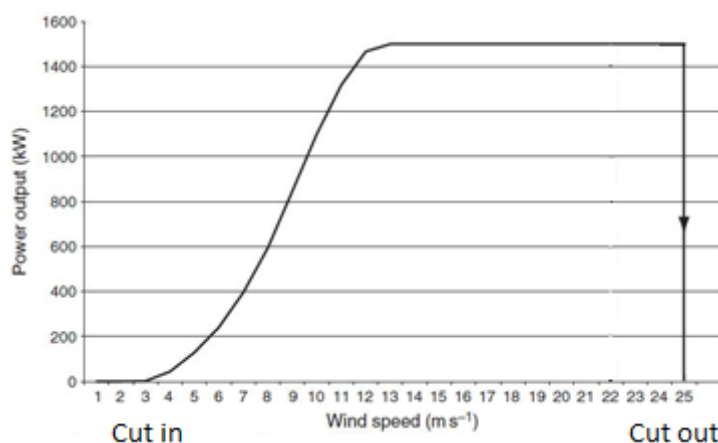
Aquesta fórmula defineix que quan més gran siguin els valors de la velocitat del vent, l'àrea definida per les pales del aerogenerador i el coeficient de potència, major quantitat d'energia es podrà extreure del vent. El coeficient C_p té un valor màxim definit com límit de Betz amb un valor del 0,593, és a dir teòricament com a màxim es pot aprofitar un 59,3% de l'energia disponible en l'aire.



Imatge 136: Perfil del vent, velocitat segons altura

El vent és originat per una variació de pressions, temperatures i la pròpia rotació de la terra. Aquest té tendència a anar de zones amb altes pressions i baixes temperatures a zones amb baixes pressions i altes temperatures. Quan majors siguin aquestes diferències de pressió i temperatura, major serà la velocitat del vent i més gran serà l'energia que es pot extreure d'aquest element.

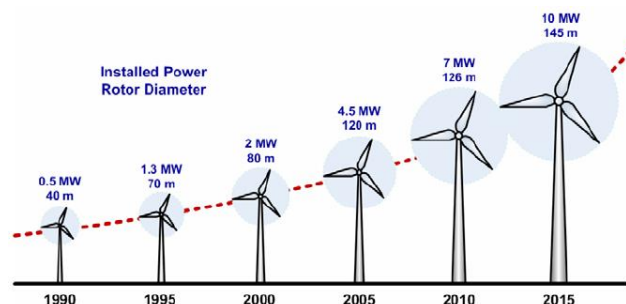
En general quan major sigui l'altura respecte el nivell del terra, major és la velocitat del vent que es produeix. No obstant aquesta velocitat es veu afectada pels diferents obstacles presents a nivell de terra, provocant que per tenir accés a una velocitat de vent determinada, s'hagin de situar els aerogeneradors a major altura en les ciutats i pobles que en les planures o el mar. És per aquest motiu que els parcs d'aerogeneradors, es solen situar en planures o zones elevades sense obstacles (parcs *onshore*) o en el mar (parcs *offshore*).



Gràfic 64: corba de potència d'un aerogenerador segons la velocitat del vent

Tots els aerogeneradors, presenten un funcionament similar al que es mostra en el gràfic 64 i solen tenir un rang de funcionament que va dels 3 a 25 m/s de velocitat de vent. El punt el qual comença a generar energia un aerogenerador s'anomena (*cut in*) i el punt en que no pot continuar generant electricitat per excessiva velocitat de vent s'anomena (*cut out*). En aquest gràfic s'observen dos zones ben diferenciades, en el primer tram la potència generada es va incrementant a mesura que

incrementa la velocitat del vent fins assolir el màxim de producció energètica del generador. A partir d'aquest punt, comença el segon tram on l'energia produïda es manté constant fins assolir la màxima de vent amb la qual pot funcionar l'aerogenerador, a partir d'aquesta velocitat de vent límit l'aerogenerador s'atura per seguretat. En tot el procés de generació elèctrica, s'apliquen sistemes de



Imatge 137: Evolució de la potència i dimensions dels aerogeneradors

control actius i o passius per controlar la generació d'energia elèctrica, la velocitat de gir de les pales, l'orientació del aerogenerador... per tal d'assolir la màxima eficiència i seguretat durant el seu funcionament. En els últims 30 anys, aquesta tecnologia ha evolucionat molt

originant aerogeneradors cada cop més grans i de major potència, capaços de generar grans quantitats d'energia

Els aerogeneradors es poden classificar segons: la seva potència, tipus de generador que utilitzen, segons on s'instal·len i la configuració de les pales. Els generadors domèstics, per les seves dimensions i baixa potència de generació, estan classificats dintre del grup anomenat mini-eòlica el qual es compon per aerogeneradors de potència no superior als 100kW. Aquest equip es caracteritzen per tenir unes dimensions suficientment reduïdes per ser utilitzats a nivell domèstic en les teulades o jardins de les propietats on es volen instal·lar.

Els aerogeneradors domèstics, es poden classificar en dos grups segons la orientació de les seves pales:



- **Pales d'eix horitzontal:** són les més freqüents i utilitzades tant a nivell domèstic com en els parcs eòlics. Per generar energia, les pales han d'estar orientats en la mateixa direcció que la del vent.

Imatge 138: pales d'eix horitzontal



- **Pales d'eix vertical:** són menys comuns, menys potents i generen menys energia, no obstant funcionen independentment de la direcció del vent fent-los més adients en zones on la direcció del vent varia amb molta freqüència.

Imatge 139: Pales d'eix vertical

Com avantatges de les instal·lacions eòliques domèstiques es pot dir que:

- Poden generar energia les 24h del dia.
- Existeix una gran varietat d'aerogeneradors adaptats segons les necessitats de generació de cada usuari.
- No generen emissions contaminants.
- La vida útil d'aquestes instal·lacions solen estar compreses entre els 20 i 25 anys.

Com a inconvenients d'aquest tipus d'instal·lacions:

- La producció d'energia elèctrica es produeix en un interval mínim i màxim de velocitat del vent.
- Per obtenir grans produccions d'energia, es necessita molt d'espai disponible lliure d'obstacles.
- Sense un manteniment adequat, aquest generadors poden produir un soroll excessiu.
- No són adequats en zones amb molts edificis alts que obstaculitzen la circulació del vent.

6.3.2. Normativa

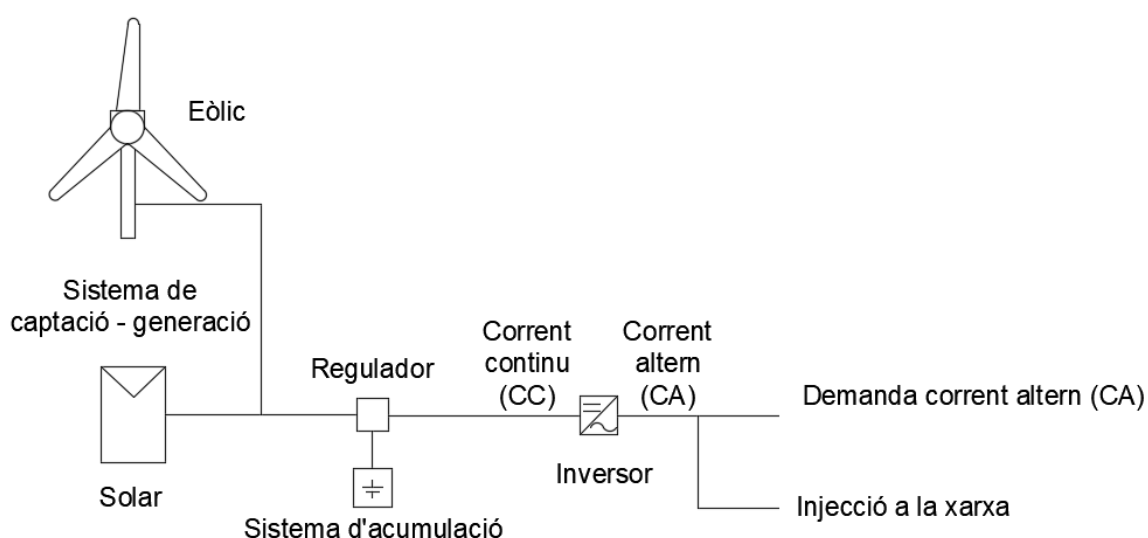
En aquest tipus d'instal·lacions, al igual que les instal·lacions solars fotovoltaïques, ni el CTE ni en el quadern pràctic nº11 titulat *Edificis de consum d'energia gairebé zero*, utilitzats durant la realització d'aquest projecte, no especifiquen una generació mínima d'energia elèctrica utilitzant aerogeneradors.

Per tant, la potència del generador a escollir és de lliure elecció i queda subjecte al RD 900/2015, que regula l'autoconsum a l'estat espanyol.

6.3.3. Disseny i càlculs

La incorporació d'un aerogenerador en l'edifici nZEB, es realitza amb l'objectiu de proporcionar major seguretat al subministrament elèctric d'autoconsum a l'edifici. Com s'ha vist en l'apartat anterior, l'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica, és suficient per cobrir la demanda energètica de l'edifici durant tot l'any, per tant l'aerogenerador escollit no fa falta que tingui una gran potència de generació elèctrica.

Aquesta instal·lació, es compondrà d'un únic aerogenerador situat a la coberta i s'aprofitarà l'inversor – regulador i les bateries dimensionades per a la instal·lació elèctrica, per emmagatzemar l'energia sobrant i transformar el (CC) generat en (CA). Cal mencionar que en la realització de la instal·lació solar fotovoltaica, ja es van dimensionar aquets elements per tal de poder-hi connectar l'aerogenerador elèctric escollit.



Imatge 140: Representació esquemàtica d'una instal·lació de generació híbrida (solar i eòlica)

Per tant la instal·lació de generació elèctrica del edifici, serà un sistema híbrid que utilitza com a fonts d'energia renovable els raigs solars i el vent. Aquest sistema híbrid, permet obtenir un major nivell de seguretat en el subministrament d'energia elèctrica destinada a l'autoconsum.

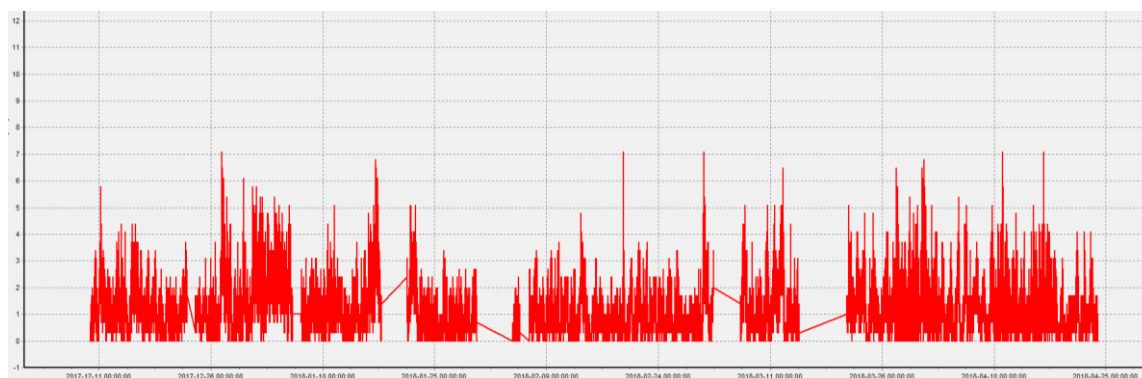
Per tal de conèixer quina producció elèctrica es pot obtenir amb un aerogenerador en la present ubicació, cal conèixer quina és la disponibilitat del recurs que utilitza aquesta tecnologia, el vent. Aquest anàlisi ja es va realitzar en l'apartat 4.5 d'aquest projecte mitjançant la informació proporcionada en l'*Atlas eólico* de l'IDAE, l'aplicació *atlaseolico* (<http://atlaseolico.idae.es>) i la fórmula de Weibull, (fórmula número 1). Amb aquesta informació, en aquest apartat es va poder determinar la probabilitat de tenir una velocitat de vent determinada en la zona i la quantitat d'hores anuals en que es té aquella velocitat de vent. (Gràfics 32, 33 i taula 12).

Tots els resultats obtinguts, són una aproximació de la realitat i per obtenir dades més fiables, s'hauria de monitoritzar la zona on s'ubicarà l'aerogenerador durant uns quants anys i estudiar-ne els resultats. Al tractar-se d'una zona poblada, les dades probabilístiques obtingudes podrien ser molt diferents a les reals per efecte dels edificis i altres obstacles que es troba el vent.

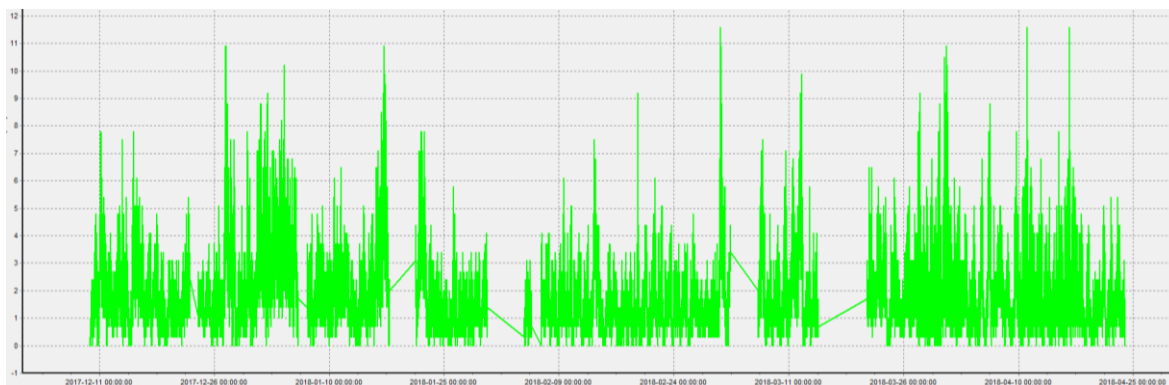


Imatge 141: WS1080

Per tal de poder valorar millor la fiabilitat d'aquestes dades, des de l'inici d'aquest projecte, s'ha monitoritzat la zona amb una estació meteorològica (WS1080) instal·lada en la coberta, capaç de recollir informació referent a la velocitat, direcció del vent, pressió, temperatura i pluja cada 5 minuts. Les dades recollides només comprenen un període de 5 mesos (desembre 2017 a Abril 2018) i són insuficients com per donar una valoració segura de la disponibilitat de vent a la zona de Castellbisbal. Tot i això, en els gràfics obtinguts i disponibles amb major detall en l'annex I, es pot verificar que normalment les velocitats de vent assolides en aquest període estan compreses entre els 0 i 7 m/s, sent més freqüents les velocitats compreses entre 1 i 4 m/s tal i com es pot veure en el gràfic 65. De forma ocasional les ràfegues de vent poden superar aquestes xifres i arribar a velocitats puntuals de fins gairebé 12m/s tal i com s'observa en el gràfic 66.



Gràfic 65: Velocitat de vent registrat(m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 en el període 1/12/17 - 30-04-2018 (0-7 m/s)



Gràfic 66: Velocitat de les ràfegues de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 en el període 1/12/17 - 30-04-2018 (0-12 m/s)

Tot i l'escassetat de dades recollides, comparant els resultats teòrics obtinguts utilitzant la fórmula de Weibull i les dades reals obtingudes de l'estació meteorològica, es poden donar els resultats teòrics com vàlids. Aquets indiquen que el 82,44% del temps es tenen velocitats de vent iguals o inferiors a 5 m/s coincidint amb els resultats mostrats en els gràfics anteriors.

Per tant, s'utilitzaran les dades probabilístiques obtingudes per tal de calcular l'energia que s'espera obtenir del aerogenerador. Per fer-ho primer de tot, cal escollir l'aerogenerador adequat que pugui treballar en el rang de velocitats definit pels resultats teòrics i els reals, entre 1 i 12 m/s.

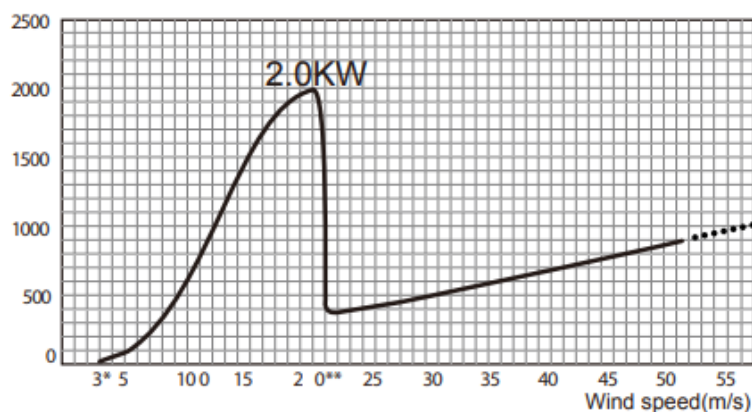
L'aerogenerador escollit, és un aerogenerador de pales horitzontal de la marca Techno Sun model FSH200 de 2000W amb les següents característiques principals (a l'annex F es troba la fitxa de característiques corresponent):



Generator	Synchronous-type, three phase power generator with neodymium iron boron magnets
Controller	Built-in
Yaw control	Free yaw (360 degrees)
Over Wind Control	Stall control
Start-up wind speed	3m/s(11KPH, 6.7MPH)
Cut-out wind speed	20m/s(72KPH, 45MPH)
Survival wind speed	49.2m/s(177KPH, 110MPH)
Rated Power	1KW (12.5m/s, 45KPH, 28MPH)
Rated Rotor Speed	1000rpm
Maximum Power	2KW(20m/s,72KPH, 45MPH)
Output Voltage	DC24/DC48V

Imatge 142: Característiques principals del aerogenerador Tecno Sun model FSH2000

El generador escollit pot operar en un rang de velocitats comprés entre els 3 i 20 m/s, arribant a una potència elèctrica màxima de 2000 W tal i com es mostra en el gràfic 67. El radi de les pales és de 79,2 cm amb un pes total de 18Kg, característiques les quals el fan adequat per ser instal·lat en la coberta.



Gràfic 67: Gràfic característic de la potència de sortida segons la velocitat del vent desenvolupat per l'aerogenerador Techno Sun FSH 2000

Amb aquest gràfic es pot conèixer la quantitat d'energia que es genera per cada velocitat de vent podent obtenir l'energia que es genera al cap de l'any multiplicant les hores en que hi ha certa velocitat de vent per la potència que genera l'aerogenerador:

(54)

$$P(V) = P(V)_{aerogenerador} * H(V)_{anual}$$

On:

$P(V)$ = l'energia que genera l'aerogenerador a una velocitat de vent determinada durant un any [Wh/any]

$P(V)_{aerogenerador}$ = la potència que genera l'aerogenerador a una velocitat de vent determinada [W]

$H(V)$ = les hores anuals a la que el vent té una velocitat determinada [h]

No obstant, abans de procedir amb aquest càlcul cal tenir present que les probabilitats obtingudes amb els paràmetres K i C de Weibull corresponen a una altura de 80m sobre la superfície del terra i l'aerogenerador anirà instal·lat a una altura màxima de 20m. Per tant s'han d'ajustar les velocitats de vent corresponent a cada probabilitat i hores de vent obtingudes anteriorment, calculant el perfil de velocitats del vent a una altura de 20m amb la següent fórmula:

(55)

$$V(h) = V(h_{ref}) * \left(\frac{\ln\left(\frac{h}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_{ref}}{Z_0}\right)} \right)$$

On :

$V(h)$ = la velocitat del vent a una altura h [m/s]

$V(h_{ref})$ = la velocitat del vent obtinguda a una altura de referència [m/s]

h = l'altura a la qual es vol conèixer la velocitat del vent [m]

h_{ref} = l'altura a la qual s'han obtingut les velocitats del vent $V(h_{ref})$ [m]

Z_0 = és un paràmetre anomenat longitud de rugositat i varia en funció del terreny on s'ubicarà l'aerogenerador. En aquest cas al tractar-se d'un poble li correspon $Z_0=0,4$.⁵⁷

Utilitzant la fórmula 55, s'obtenen les noves velocitats de vent les quals els correspon les probabilitats i hores anuals de tenir aquella velocitat de vent a una altura de 20m sobre el terra. Els càlculs que es realitzaran a partir d'aquest moment, només s'aplicaran en un interval de velocitats de vent de 1 a 12 m/s ja que la probabilitat de tenir vents superiors és nul·la com s'observa en la taula 12 anteriorment calculada en l'apartat 4.4 d'aquest projecte.

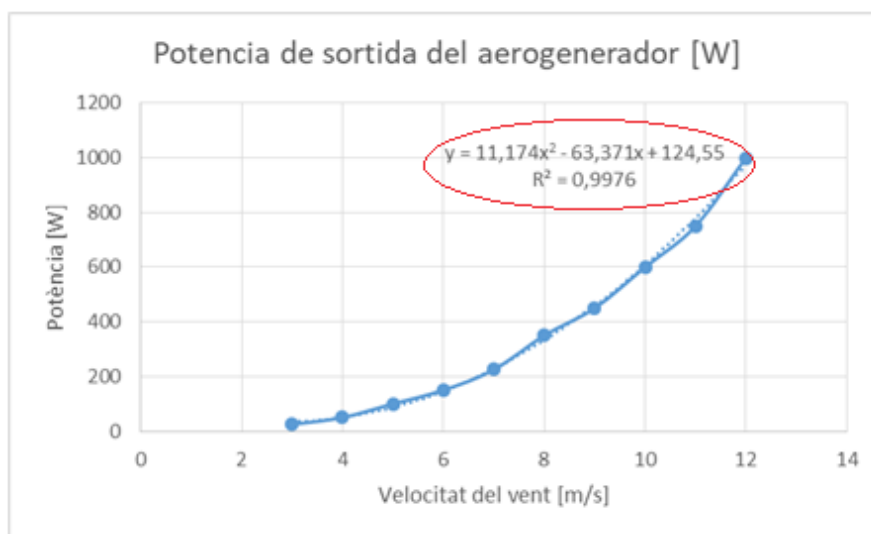
Taula 68: Probabilitat i hores de tenir velocitats de vent V [m/s] a una altura de 20m respecte el terra

V [m/s] a h=80m	Hores anuals H	Probabilitat (%)	V [m/s] a (h=20m)
1	897,32	10,24%	0,7
2	1592,50	18,18%	1,5
3	1842,37	21,03%	2,2
4	1660,11	18,95%	3,0
5	1230,19	14,04%	3,7
6	767,44	8,76%	4,4
7	407,86	4,66%	5,2
8	185,90	2,12%	5,9
9	72,96	0,83%	6,6
10	24,72	0,28%	7,4
11	7,24	0,08%	8,1
12	1,84	0,02%	8,9

A continuació, s'ha obtingut amb el programa Excel l'equació que representa la potència que genera l'aerogenerador per cada velocitat de vent ja que es molt difícil determinar amb exactitud la potència que genera l'aerogenerador a velocitats de vent no enters, amb el gràfic 67 proporcionat pel fabricant.

⁵⁷ Valor extret del "Danish Wind Industry Association"

L'equació obtinguda és $P(V_{\text{aerogenerador}})=11,174 \cdot v^2 - 63,371v + 124,55$ amb un $R^2=0,9976$ molt pròxim a 1, per lo que l'error en el resultat serà petit.



Gràfic 68: representació de la potència de sortida del aerogenerador en l'interval de velocitats del vent 3-12 [m/s]

Amb aquestes dades ja es pot procedir a calcular l'energia generada per l'aerogenerador amb la fórmula 54:

Taula 69: Energia anual generada per l'aerogenerador a les diferents velocitats de vent obtingudes a 20 m d'altura

V [m/s] a (h=20m)	Hores anuals H	Probabilitat (%)	P(Vaerogenerador) [w]	P[Wh/any]
0,7	897,32	10,24%	0,00	0,00
1,5	1592,50	18,18%	0,00	0,00
2,2	1842,37	21,03%	0,00	0,00
3,0	1660,11	18,95%	34,86	57864,96
3,7	1230,19	14,04%	42,89	52764,20
4,4	767,44	8,76%	63,11	48432,18
5,2	407,86	4,66%	95,51	38954,78
5,9	185,90	2,12%	140,10	26043,78
6,6	72,96	0,83%	196,86	14363,38
7,4	24,72	0,28%	265,81	6570,52
8,1	7,24	0,08%	346,95	2511,98
8,9	1,84	0,02%	440,27	808,03
Total (kWh/any)				248,31

Com es pot veure en la taula anterior, l'aerogenerador és capaç de generar 248,31 kWh/any en corrent altern CC. Per conèixer l'energia generada anualment en CA, només cal aplicar el rendiment del 0,973 de l'inversor.

(56)

$$AEP = \left(\sum P(V) \right) * n_{inv}$$

On:

AEP= l'energia anual produïda en CA per l'aerogenerador [kWh/any]

P(V)= l'energia que genera l'aerogenerador a una velocitat de vent determinada durant un any [kWh/any]

n_{inv} = el rendiment de l'inversor

Anualment s'obté una producció d'energia elèctrica amb l'aerogenerador de 241,61 kWh, suficient per cobrir la demanda energètica de l'edifici nZEB, amb un consum previst de 13,36 kWh/dia, durant 18 dies.

És evident que en comparació amb la instal·lació fotovoltaica, l'aerogenerador no genera suficient energia per cobrir les necessitats de l'edifici per si sol. Aquesta baixa producció, és degut a que l'equip es troba en una zona urbana on és més difícil poder accedir a majors hores i velocitats de vent durant tot l'any.

Tot i això, la implementació d'aquesta instal·lació com s'ha dit al principi d'aquest apartat, és donar suport a la instal·lació solar fotovoltaica, aprofitant la capacitat de l'aerogenerador de produir energia en qualsevol moment del dia, poden assistir al sistema d'emmagatzematge durant la nit ja que la instal·lació fotovoltaica només pot produir electricitat durant aquest període.

En els plànols 13 i 14, es troba la ubicació del aerogenerador en l'edifici nZEB i l'esquema de la instal·lació híbrida formada per la instal·lació solar i l'aerogenerador.

6.4. Instal·lació elèctrica

En aquest apartat, es dimensionen i seleccionen els conductors que utilitzen les noves instal·lacions afegides a l'edifici (equip d'aerotèrmica, instal·lació solar fotovoltaica i eòlica). Aquests elements s'han de dimensionar per tal de garantir la seguretat de les instal·lacions i evitar situacions de perill per a les persones.

6.4.1. Normativa

Per tal de dimensionar correctament els elements que formaran part de la instal·lació elèctrica de les noves instal·lacions de l'edifici, es seguiran les normatives i procediments especificats en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)*, les condicions tècniques establertes per l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y el Horro de Energía*) i les normes UNE (*Una Norma Española*) corresponents.

De les normatives anteriorment esmentades cal destacar les següents:

- **ITC-BT-40 article 5:** els cables de connexió han d'estar dimensionats per a una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat del generador i que la caiguda no superarà el 1,5% de la tensió nominal.
- **UNE 20460-7-12:** en el tram de corrent continua, els conductors es dimensionaran per a una intensitat admissible de 1,25 vegades la de curtcircuit en condicions STC.
- **Pliego de Condiciones Técnicas de las Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red del IDAE:** estableix que els conductors utilitzats seran de coure amb una secció suficient per a que la caiguda de tensió sigui inferior al 1,5% en la part de CC i al 2% en la part de CA. Ambdós casos es pren com a referència la tensió corresponent a les caixes de connexions. No obstant la caiguda de tensió límit per la part de CA serà de 1,5% per a complir amb el REBT.

6.4.2. Disseny i càlculs

El disseny i els càlculs es realitzaran seguint els procediments i complint amb les exigències definides en el REBT i utilitzant la guia realitzada pel professor de la UPC Jordi de la Hoz Casas “*Guía de diseño de centrales eléctrica, aplicación a las instalaciones fotovoltaicas*”.

Per saber quina és la secció que han de tenir els conductors utilitzats, s'utilitzaran les següents fórmules:

- Càlcul de la secció dels conductors que transporten corrent continu (CC):

$$S_{diseny} = \frac{2 * L * I_{diseny} * \rho TC}{e * V_{tram}} \quad (57)$$

- Càlcul de la secció dels conductors que transporten corrent altern (CA):

$$S_{diseny} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{diseny} * \rho TC}{e * V_{tram}} \quad (58)$$

On:

L= la longitud màxima del tram en [m]

I_{diseny} = corrent per la que es dissenya el conductor [A]

ρTC = resistivitats corresponent al consuctor utilitzat a la temperatura màxima admesa per aquest [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

V_{tram} = tensió present en el tram de conductor considerat [V]

Els conductors que s'utilitzaran per les diferents instal·lacions de l'edifici, seran de coure amb una resistivitat de 0,023 [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$] a una temperatura de 90°C.

6.4.3. Càlcul de les seccions dels conductors per màxima caiguda de tensió

A continuació es realitzen els càlculs corresponent als diferents trams de conductors de les instal·lacions de generació elèctrica i d'aerotèrmia:

Aquesta instal·lació de generació es compon bàsicament de 3 trams:

1. Tram de conductor en corrent continu (CC) que uneix l'aerogenerador amb l'inversor-regulador.
2. Tram de conductor en corrent continu (CC) que uneix el camp fotovoltaic amb l'inversor.
3. Tram de conductor en corrent altern (CA) que uneix l'inversor amb la CGP.

Tram 1: aerogenerador – inversor regulador

$L = 30\text{m}$

$I_{\text{diseny}} = 1,25 * I_{\text{aerogenerador}} = 1,25 * 20,8 = 26\text{ A}$

$E = 0,015\text{ (1,5\%)}$

$V_{\text{tram}} = V_{\text{aerogenerador}} = 24\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$S_{\text{tram1}} = \frac{2 * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * V_{\text{tram}}} = \frac{2 * 30 * 26 * 0,023}{0,015 * 24} = 99,6\text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{120\text{mm}^2} \quad (59)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de $99,6\text{ mm}^2$ per tant s'escull la secció normalitzada 120 mm^2 segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a $301\text{A} > I_{\text{diseny}}$ sent adient per aquesta aplicació.

Tram 2: camp solar – inversor regulador

$$L = 5\text{m}$$

$$I_{\text{diseny}} = 1,25 * I_{\text{SC, (STC)}} = 1,25 * 9,83 = 12,28 \text{ A}$$

$$E = 0,015 \text{ (1,5\%)}$$

$$V_{\text{tram}} = V_{\text{MPP, (STC)}} * N_{\text{plaques en sèrie}} = 32,6 * 13 = 423,8 \text{ V}$$

$$\rho_{90^\circ} = 0,023 [\Omega * \text{mm}^2/\text{m}]$$

$$S_{\text{tram}2} = \frac{2 * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * V_{\text{tram}}} = \frac{2 * 5 * 12,28 * 0,023}{0,015 * 423,8} = 0,32 \text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{1,5 \text{mm}^2} \quad (60)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de 0,32mm per tant s'escull la secció normalitzada 1,5 mm² segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a 20A > I_{diseny} sent adequat per aquesta aplicació.

Tram 3: inversor regulador - CGP

$$L = 30\text{m}$$

$$I_{\text{diseny}} = 1,25 * I_{\text{inversor}} = 1,25 * 26,1 = 32,62 \text{ A}$$

$$E = 0,015 \text{ (1,5\%)}$$

$$V_{\text{tram}} = V_{\text{inversor}} = 230 \text{ V}$$

$$\rho_{90^\circ} = 0,023 [\Omega * \text{mm}^2/\text{m}]$$

$$S_{\text{tram}3} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * U_{\text{tram}}} = \frac{\sqrt{3} * 30 * 32,62 * 0,023}{0,015 * 230} = 11,3 \text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{16 \text{mm}^2} \quad (61)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de 11,3 mm² per tant s'escull la secció normalitzada 16 mm² segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a 87A > I_{diseny} sent adient per aquesta aplicació.

Es procedeix a calcular el tram de conductor que alimenta l'equip d'aerotèrmia

Tram aerotèrmia

$L = 20\text{m}$

$I_{\text{diseny}} = I_{\text{MAX aerotèrmia}} = 7,82\text{ A}$

$E = 0,015\text{ (1,5\%)}$

$V_{\text{tram}} = 230\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$S_{\text{aerotèrmia}} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * U_{\text{tram}}} = \frac{\sqrt{3} * 20 * 32,62 * 0,023}{0,015 * 230} = 1,8\text{mm}^2$$

$\rightarrow 2,5\text{mm}^2$

(62)

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de $1,8\text{mm}^2$ per tant s'escull la secció normalitzada $2,5\text{ mm}^2$ segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a $26,5\text{A} > I_{\text{diseny}}$ sent adient per aquesta aplicació.

6.4.4. Comprovació de la correcta elecció dels conductors pels mètode de caiguda de tensió

En aquest apartat, es comprova que les seccions dels conductors normalitzats escollits per les instal·lacions de generació elèctrica són adequats. Per fer-ho es comprovarà que la caiguda de tensió amb els conductors escollits, és inferior a 1,5% amb la següent fórmula

$$e\% = \frac{2 * L * I_{\text{tram}} * \rho_{TC}}{S_{\text{norm}} * V_{\text{tram}}} * 100$$

(63)

On:

$e(\%)$ = la caiguda de tensió del tram

L = la longitud màxima del tram en [m]

I_{tram} = corrent que s'espera que circuli pel conductor [A]

ρ_{TC} = resistivitats corresponent al conductor utilitzat a la temperatura màxima admesa per aquest
[$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

V_{tram} = tensió present en el tram de conductor considerat [V]

S_{norm} = secció normalitzada del conductor escollit [mm^2]

Tram 1: aerogenerador – inversor regulador

$L = 30\text{m}$

$I_{\text{tram}} = I_{\text{MAX aerogenerador}} = 20,8\text{A}$

$S_{\text{norm}} = 120\text{mm}^2$

$V_{\text{tram}} = V_{\text{aerogenerador}} = 24\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$e\% = \frac{2 * L * I_{\text{tram}} * \rho_{TC}}{S_{\text{norm}} * V_{\text{tram}}} * 100 = \frac{2 * 30 * 20,8 * 0,023}{120 * 24} * 100 = \mathbf{0,96\%}$$

(64)

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

Tram 2: camp solar – inversor regulador

$L = 5\text{m}$

$I_{\text{tram}} = I_{\text{SC, (STC)}} = 9,83\text{A}$

$S_{\text{norm}} = 1,5\text{mm}^2$

$V_{\text{tram}} = V_{\text{MPP, (STC)}} * N_{\text{plaques en sèrie}} = 32,6 * 13 = 423,8\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

(65)

$$e\% = \frac{2 * L * I_{tram} * \rho_{TC}}{S_{norm} * V_{tram}} * 100 = \frac{2 * 5 * 9,83 * 0,023}{1,5 * 423,8} * 100 = \mathbf{0,35\%}$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

Tram 3: inversor regulador - CGP

L= 30m

I_{tram} = I_{inversor} = 26,1A

S_{norm}= 16mm²

V_{tram} = V_{inversor} = 230 V

ρ_{90°}=0,023 [Ω*mm²/m]

(66)

$$e\% = \frac{2 * L * I_{tram} * \rho_{TC}}{S_{norm} * V_{tram}} * 100 = \frac{2 * 30 * 26,1 * 0,023}{16 * 230} * 100 = \mathbf{0,97\%}$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%.

Tram aerotèrmia

L= 20m

I_{tram}= I_{MAX aerotèrmia} = 7,82 A

S_{norm}= 2,5mm²

V_{tram} = 230 V

ρ_{90°}=0,023 [Ω*mm²/m]

(67)

$$e\% = \frac{2 * L * I_{tram} * \rho_{TC}}{S_{norm} * V_{tram}} * 100 = \frac{2 * 20 * 7,82 * 0,023}{2,5 * 230} * 100 = 1,25\%$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

6.4.5. Dimensionament de les proteccions

Les proteccions a instal·lar, s'encarreguen de garantir la protecció a les persones i les pròpies instal·lacions, compost per fusibles, magneto tèrmics i diferencials. Per dimensionar-los, s'utilitzen les següents fórmules:

- Fusible

(68)

$$I_{generador} < I_{fusible} < I_{max conductor} * 1,2$$

Aquest interval, defineix el fusible adequat per protegir els elements de la part de CC. Aquest ha de tenir un valor superior a la intensitat que es genera i ha de ser inferior a 1,2 vegades la intensitat màxima que pot suportar el conductor.

- Interruptor magneto tèrmic

(69)

$$I_{prevista} < I_N < I_{max conductor}$$

Aquest interval especifica que el magneto tèrmic adequat per a protegir la instal·lació, ha de tenir un valor nominal superior a la intensitat prevista que circularà pel conductor i ha de tenir un valor inferior a la intensitat màxima que pot circular pel conductor.

- Interruptor diferencial

Els diferencials domèstics, s'encarreguen de protegir a les persones de possibles contactes directes o indirectes a les persones. Els més utilitzats són els de 40A 30mA i s'escullen per tal que puguin suportar una corrent superior a la prevista que passi pels seus borns de connexió.

Els elements de protecció que equiparà la instal·lació solar, es seleccionaran amb les característiques adequades per a que compleixin amb la seva funció amb seguretat i procurant que es garanteixi la seva selectivitat en el moment d'actuar. Seguint aquesta premissa, han d'actuar prioritàriament aquells elements de protecció que estiguin més pròxims a la falta per tal de desconectar la menor part de la instal·lació possible.

En la part de (CC), l'aerogenerador, els panells fotovoltaics i les bateries, estaran protegits per fusibles que actuaran només si la intensitat que circula pel conductor és lo suficientment elevada com per cremar el conductor i posar en perill els elements que formen la instal·lació.

En la part de (CA), s'instal·laran interruptors magneto tèrmics i diferencials per protegir les instal·lacions i les persones.

Tram 1: aerogenerador – inversor regulador

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{MAX aerogenerador}} = 20,8A$$

$$I_{\text{max conductor}} = 301A$$

$$I_{\text{generador}} < I_{\text{fusible}} < I_{\text{max conductor}} * 1,2 \rightarrow 20,8A < I_{\text{fusible}} < (301 * 1.2)A$$

(70)

S'escull un fusible amb intensitat normalitzada de **$I_N = 25 A$** .

Tram 2: camp solar – inversor regulador

$$I_{\text{prevista}} = I_{SC,(STC)} = 9,83A$$

$$I_{\text{max conductor}} = 20A$$

$$I_{\text{generador}} < I_{\text{fusible}} < I_{\text{max conductor}} * 1,2 \rightarrow 9,83A < I_{\text{fusible}} < (20 * 1.2)A$$

(71)

S'escull un fusible d'intensitat nominal de **$16 A$**

Tram 3: inversor regulador - CGP

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{inversor}} = 26,1\text{A}$$

$$I_{\text{max conductor}} = 87\text{A}$$

(72)

$$I_{\text{prevista}} < I_N < I_{\text{max conductor}} \rightarrow 26,1 < I_N < 87\text{A}$$

S'escull un magneto tèrmic amb intensitat normalitzada de $I_N = 32\text{ A}$ i un **diferencial 40A/30 ma** per protegir a les persones i instal·lacions.

Tram aerotèrmia

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{SC, (STC)}} = 7,82\text{A}$$

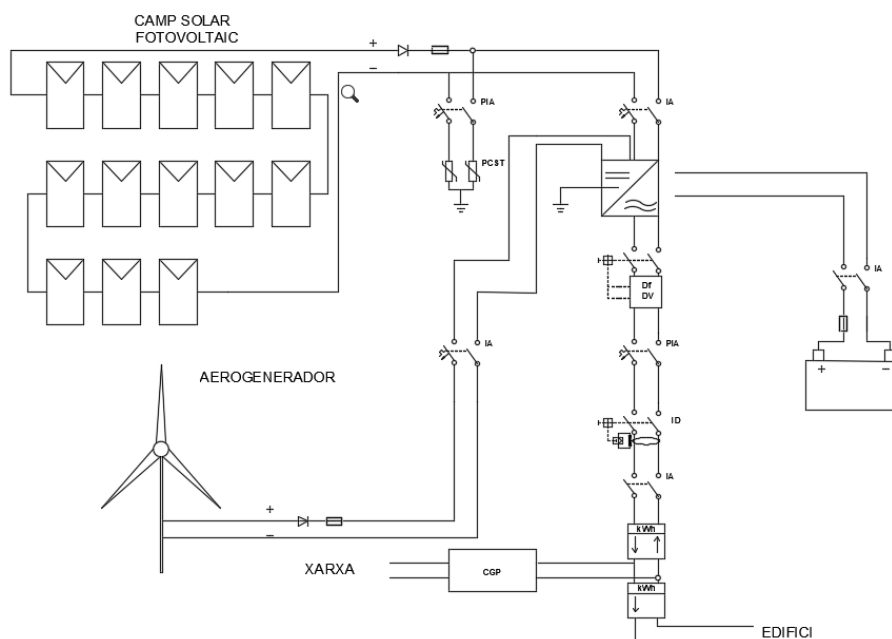
$$I_{\text{max conductor}} = 26,5\text{A}$$

(73)

$$I_{\text{prevista}} < I_N < I_{\text{max conductor}} \rightarrow 7,82 < I_N < 26,5\text{A}$$

S'escull un magneto tèrmic amb intensitat normalitzada de $I_N = 10\text{ A}$ i un **diferencial 40A/30 ma** per protegir a les persones i instal·lacions.

A part d'aquestes proteccions, s'afegiran diversos interruptors d'aïllament per tal de connectar i desconectar les diferents parts de la instal·lació de generació elèctrica, tal i com es pot observar en la imatge 143.



Imatge 143: Esquema de la instal·lació híbrida de generació (Solar + eòlica), plànol 14

6.4.6. Càlcul posta a terra

Tot i que l'edifici ja disposa d'una posta a terra, en aquest apartat es dissenyarà una posta a terra específica per la instal·lació de generació híbrida (solar + eòlica). Amb la posada a terra de totes les masses metàl·liques, es disminueix la diferència de voltatge d'aquestes amb el terra assegurant el correcte funcionament de les proteccions i eliminant el risc per a les persones.

Per realitzar aquest càlcul, s'utilitza el mètode definit per UNESA, segons la ITC-BT-18 s'ha d'aconseguir una tensió de defecte màxima de 24V. En quan la resistivitat del terreny s'hauria de realitzar un estudi del terreny mitjançant el mètode de Wenner, injectant corrent al terra a través de diferents piquetes i mesurant les tensions entre elles, es pot obtenir el valor exacte de resistivitat del terreny. Malauradament no es disposa de l'equip necessari per fer-ho i s'utilitzaran les resistències dels terrenys definides en la taula 3 de la ITC-BT-18.

El terreny on s'ubica l'edifici, és de torba humida, i presenta una resistivitat compresa entre 5 i 100 Ωm . El valor escollit per realitzar els càlculs és de 100 Ωm .

Tenint en compte les taules del annex 2 del mètode UNESA, la tensió i resistivitat del terreny anteriorment mencionades, s'escull una configuració per a les piques de tipus 5/32, es a dir 3 piquetes de 2m de longitud i 14mm de diàmetre separades 3m entre elles i unides per un fil conductor horitzontal de 50mm² de secció enterrades a una profunditat de 0,5m.

Els paràmetres constructius d'aquesta configuració, es troben recollides en la següent taula:

Taula 70: configuració dels elèctrodes de la posada a terra, extret del annex 2 del mètode UNESA

<div>PROFUNDIDAD = 0'5 m.</div>	<div>Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.</div> <div>Separación entre picas : 3 m</div> <div>Longitud pica = 2 m.</div>		
	<div>Sección conductor = 50 mm².</div> <div>Diámetro picas = 14 mm.</div>		
NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Escollida la configuració de la posta a terra, la resistència del terreny i la tensió de defecte màxima, ja es pot procedir a comprovar si la posada a terra escollida és adequada en aquest cas. Per fer-ho, s'utilitzaran les següents fórmules:

$$R_t = K_r * \rho \quad (74)$$

$$V_d = I_d * R_t \quad (75)$$

On

R_t = resistència de posta a terra [Ω]

K_r = resistència del elèctrode (pica) [$\Omega/\Omega m$]

I_d = intensitat del diferencial [A]

ρ = resistivitat del terreny [Ωm]

V_d : Tensió de defecte [V]

I_d : Intensitat del diferencial [A]

En aquest cas amb la configuració escollida:

$K_r=0,135 \Omega/\Omega m$

$\rho=100 \Omega m$

$I_d=0,03A$ sent aquesta la corrent màxima admissible en el diferencial escollit sense que s'activi.

$$R_t = K_r * \rho = 0,135 * 200 = 27 \Omega \quad (76)$$

$$V_d = I_d * R_t = 0,03 * 27 = \mathbf{0,81 V} \quad (77)$$

Si circula la màxima intensitat sense que s'activi el diferencial, no s'asoleix una tensió superior a 24V, per lo que es verifica que la posta a terra dissenyada (5/32) és vàlida.

7. Estudi de viabilitat

En aquest apartat es realitza l'anàlisi, energètic, econòmic i de reducció d'emissions contaminants finals que s'obtenen en l'edifici nZEB. Amb aquest anàlisi es podrà determinar quins beneficis econòmics, energètics i mediambientals s'obtindrien d'aplicar-se totes les millores en l'envolupant tèrmica i instal·lacions plantejades en aquest projecte en comparació a l'edifici actualment construït.

L'estudi de viabilitat, es dividirà en 3 apartats:

- **Estudi energètic:** es determinarà quina és la reducció en la demanda i consum energètic de l'edifici nZEB així com la generació d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovable.
- **Estudi d'emissions contaminants i residus radioactius:** s'estudia la reducció d'emissions contaminants anuals i residus radioactius de l'edifici nZEB i l'edifici actual/base.
- **Estudi econòmic:** realitzat el pressupost, s'estudia el temps que es trigarà en recuperar la inversió realitzada, tenint en compte els estalvis energètics que s'obtenen.

7.2. Estudi energètic

Les mesures de millora aplicades en aquest projecte tenen la finalitat de transformar l'edifici actual en un edifici nZEB reduint les necessitats energètiques de l'edifici, millorant l'eficiència de les instal·lacions per tal de fer un ús més eficient de l'energia consumida i cobrint el major percentatge de la demanda amb energies renovables lliures d'emissions contaminants.

- **Millora en l'envolupant tèrmica** → reducció en la demanda energètica per mantenir unes condicions confortables a l'interior de l'edifici.
- **Millora en les instal·lacions** → increment de l'eficiència energètica i generació d'energia elèctrica per l'autoconsum.

Taula 71: Comparatiu de la demanda energètica de l'edifici actual / base i l'edifici nZEB

Demanda energètica edifici actual/base			Demanda energètica edifici nZEB		Reducció de la demanda
	kWh/m ² any	kWh/any	kWh/m ² any	kWh/any	(%)
Calefacció (CE3X)	57,3	10782,2	11,3	2123,38	80,40
Refrigeració (CE3X)	3,2	601,31	4,2	789,222	-32,50
ACS (Ed)	-	2228,79	-	2228,79	0,00
TOTAL	-	13612,3	-	5141,392	62,23

Amb l'aplicació de les millores en l'envolupant tèrmica de l'edifici, s'assoleix una reducció del 80,4 % en la demanda de calefacció de l'edifici, mentre que la demanda de refrigeració augmenta en un 32,5% respecte l'edifici base. La demanda d'ACS es manté constant al dependre de la ocupació prevista de l'edifici. Tot i el sensible increment de la demanda de refrigeració, s'assoleix una reducció en la demanda energètica anual total de l'edifici del **62,23%** (calefacció, refrigeració i ACS).

Taula 72: Comparatiu consums edifici actual / base i edifici nZEB (*el consum en refrigeració de l'edifici actual és una estimació per cobrir la demanda especificada pel programa CE3X (601,31kWh/any) utilitzant l'equip split amb millor rendiment en refrigeració (349,1%)

Consum energètic edifici actual/base		Consum energètic edifici nZEB	Reducció del consum
	kWh/any	kWh/any	(%)
Calefacció + ACS	19290,3	664,93	96,55
Refrigeració*	172,24	198,74	-15,39
TOTAL	19462,54	863,67	95,56

La reducció en el consum energètic per cobrir la demanda prevista en l'edifici nZEB, és molt més gran tal i com es mostra en la taula 72. Això és degut a que l'edifici actual utilitza una instal·lació poc eficient basada en la combustió de gas natural per cobrir el 100% de la demanda de calefacció i ACS, i diverses bombes de calor per cobrir la demanda de refrigeració. En canvi l'edifici nZEB, utilitza una instal·lació solar tèrmica per cobrir el 76,8% de la demanda d'ACS amb energia solar i un equip d'aerotèrmia per cobrir la demanda restant d'ACS i el 100% de la calefacció i refrigeració, amb rendiments que oscil·len entre el 504% i el 337% respectivament.

Considerant el consum previst de l'equip d'aerotèrmia per cobrir el 100% de la demanda en calefacció i el percentatge restant de l'ACS, s'obté una reducció en el consum energètic en calefacció + ACS del 96,55%. Aquesta reducció s'assoleix gràcies a la baixa demanda energètica de l'edifici, el percentatge cobert per la instal·lació solar tèrmica i l'alta eficiència de l'equip d'aerotèrmia.

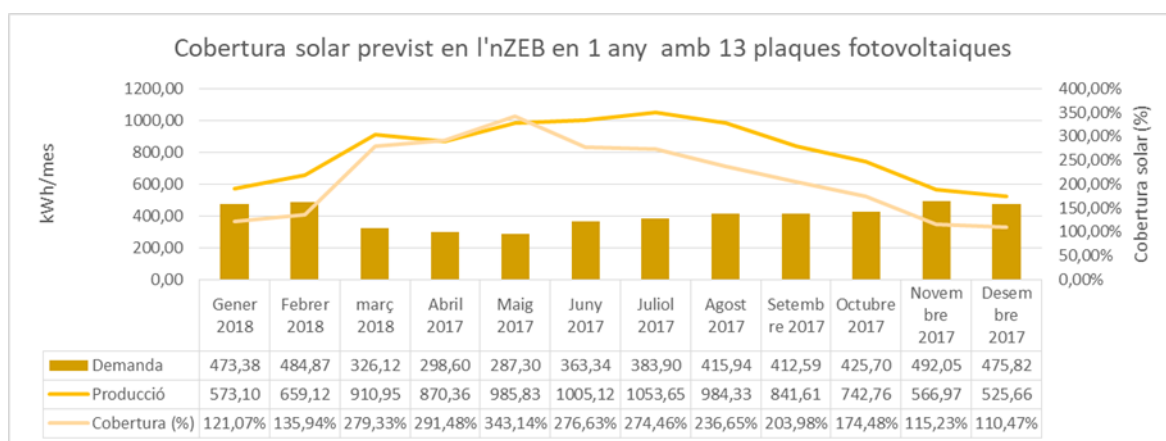
Respecte al consum corresponent a la refrigeració, s'obté un increment del 15,38% segons les estimacions realitzades en els dos edificis. Com ja s'ha explicat en apartats anteriors, l'increment de consum és degut a la millora en els aïllaments tèrmics que atorguen una major capacitat a l'edifici per acumular l'energia tèrmica a l'interior incrementant la demanda de refrigeració a l'estiu.

Tot i aquest increment, el consum energètic global s'ha reduït en un 95,56% (calefacció, refrigeració i ACS).

En l'edifici nZEB al prescindir de la caldera de combustió, es pot desconnectar de la xarxa de distribució de gas natural i utilitzar únicament energia elèctrica per cobrir la demanda energètica de l'edifici (calefacció, refrigeració, ACS) i els diferents electrodomèstics, aparells electrònics...

En aquest projecte s'han dissenyat dues instal·lacions que generen electricitat a partir de fonts d'energia renovable (solar i eòlica).

La primera és una instal·lació solar fotovoltaica instal·lada en la coberta, formada per 13 plaques fotovoltaïques amb una potència pic de 300W cadascuna, amb un sistema d'acumulació de bateries amb capacitat suficient per cobrir el consum de l'edifici durant 4,8 dies amb un consum mig de 13,36kWh/dia. Segons els resultats obtinguts en l'apartat 6.3, aquesta instal·lació pot generar 9719,46 kWh/any d'energia elèctrica, suficient per cobrir el 100% del consum elèctric durant tot l'any.



Gràfic 69: Producció elèctrica (CA), demanda i percentatge cobert per la instal·lació fotovoltaica

La segona és una instal·lació eòlica formada per un aerogenerador capaç de produir 241,61 kWh d'energia elèctrica anualment. L'energia generada és molt inferior a la obtinguda amb la instal·lació solar, degut a la poca intensitat i hores del vent a la zona, sent incapaç de cobrir la demanda energètica de l'edifici per si sola. No obstant aquesta instal·lació té l'avantatge de poder produir energia les 24h del dia, podent donar suport a les bateries en aquelles hores en que la instal·lació solar no pot produir suficient energia.

Taula 73: Producció energètica d'electricitat de les instal·lacions de generació

Producció energètica en kWh/any	
Solar	9719,46
Eòlica	241,61
TOTAL	9961,07

Aquestes dues instal·lacions de generació, forment una instal·lació híbrida (solar + eòlic), capaç de generar un total **de 9961,07 kWh** d'energia anualment, suficient per cobrir el consum previst de l'edifici nZEB anualment (4876,67 kWh/any) i generant un excedent energètic de 5084,4 kWh/any, que es podrien injectar a la xarxa millorant el mixt energètic d'aquest i obtenint uns beneficis econòmics que contribueixen a recuperar la inversió realitzada en menys temps.

Amb aquests resultats es determina que des del punt de vista energètic, compleix amb la definició nZEB cobrint la totalitat de la demanda energètica de l'edifici amb energies renovables.

7.3. Estudi d'emissions contaminants i residus radioactius

La reducció de la demanda energètica i la generació d'energia a partir de fonts d'energia renovable no contaminants, porten associades una disminució dràstica en les emissions contaminants emeses per l'edifici nZEB a 0 kg CO₂/any i a 0 Kg/any de residus radioactius generats.

Gràcies a l'energia generada per la instal·lació híbrida (solar + eòlica), l'edifici no necessita consumir cap altre font d'energia que generi emissions contaminants de CO₂ ni cap altre substància perjudicial pel medi ambient o els humans.

Fins i tot l'edifici nZEB pot contribuir a la reducció d'emissions associades a l'energia elèctrica de la xarxa, si s'injecta l'energia excedent produïda. D'aquesta manera es millora el mixt energètic augmentant el percentatge de renovables i obtenint així una electricitat menys contaminant.

Si s'avalua la incorporació de les instal·lacions de generació elèctrica en el programa CE3X, amb totes les millores en l'envolupant tèrmica de l'edifici i les millores en les instal·lacions, la certificació energètica assolida és 0 A. Aquesta és la millor valoració que es pot obtenir en la certificació energètica tal i com es mostra en la imatge 144 i es confirma que les emissions globals produïdes per l'edifici nZEB són nul·les, assolint una reducció d'emissions del 100% en comparació a l'edifici actual/base.

Conjuntos de medidas definidos

- Conjunt de millores en l'aïllament de l'en
- Millora calefacció, refrigeració i ACS
- Millora en l'envolupant tèrmica + millora

Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica

Características: Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones
Adición de aislamiento térmico en cubierta	Adición de Aislamiento Térmico
MARCS VIDRES	Sustitución/mejora de Huecos
Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior	Adición de Aislamiento Térmico

Añadir medida Modificar medida Borrar medida

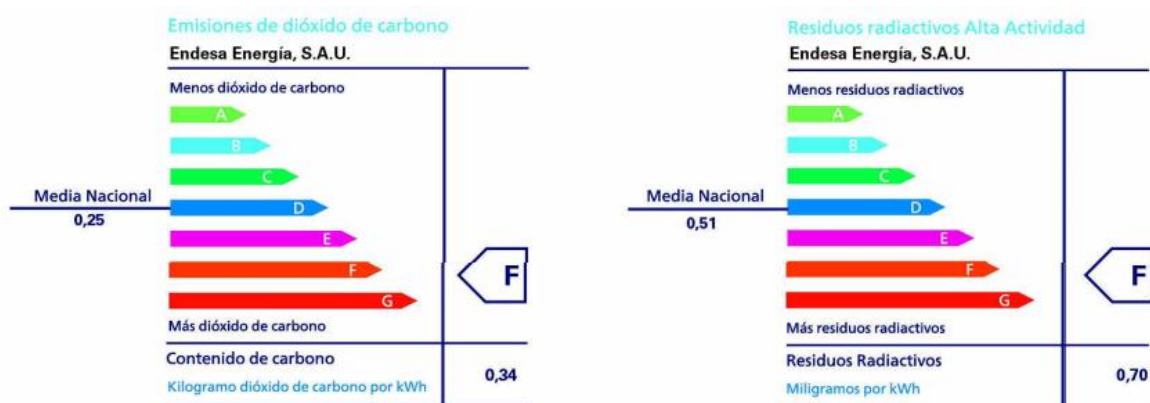
Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	11.3 A	57.3 D	80.4 %
Demanda de refrigeración	4.2 B	3.2 A	-32.5 %
Emissiones de calefacción	1.1 A	23.0 D	95.1 %
Emissiones de refrigeración	0.6 A	0.5 A	-22.4 %
Emissiones de ACS	0.3 A	4.7 D	94.4 %
EMISIONES GLOBALES	0.0 A	28.2 D	100.0 %

0.0 A

Imatge 144: Certificació energètica final obtinguda amb el programa CE3X aplicant el conjunt de totes les millores en l'envolupant tèrmica, instal·lacions i adició d'instal·lacions de generació.

L'edifici actual/base, al utilitzar energia elèctrica de la xarxa i gas natural genera una gran quantitat d'emissions de CO₂ i residus radioactius associats a la producció d'energia elèctrica. Segons la informació aportada pel distribuïdor local d'electricitat (Endesa energia S.A.U), l'electricitat consumida presenta les següents emissions de CO₂ i residus nuclears.



Imatge 145: Emissions de CO₂ i residus radioactius associats al consum d'energia elèctrica de la xarxa local de distribució en Kg/CO₂/kWh i mg/kWh de residus radioactius. FONT: Endesa Energía S.A.U

Tal i com es pot observar, l'energia consumida per l'edifici actual presenta unes emissions de CO₂ de 0,34 Kg CO₂/kWh i 0,70mg/kWh de residus nuclears per kWh d'electricitat consumida. Ambdós casos, l'impacte ambiental de l'electricitat distribuïda, té una qualificació F que indica un alt impacte ambiental en la seva generació.

Com a valor per a calcular les emissions produïdes per l'ús de gas natural, s'utilitza el valor de 0,18 Kg CO₂/kWh que apareix en la "Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos d'efecte hivernacle" elaborat per la Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Amb totes aquestes dades, es pot procedir a calcular les emissions de CO₂ i residus radioactius produïts anualment per l'edifici actual.

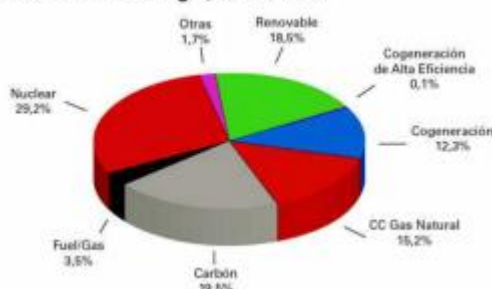
Taula 74: emissions de CO₂ i residus radioactius associats a l'ús de l'electricitat i el gas natural com a fonts d'energia en l'edifici actual. Consum mig anual d'electricitat de 3996,75 kWh/any, gas natural 19290,3 kWh/any

Emissions contaminants edifici actual			
Combustible	Consum kWh/any	Emissions Kg CO ₂ /kWh	Emissions Kg CO ₂ /any
Gas natural	19290,3	0,18	3472,25
Electricitat (xarxa elèctrica)	3996,75	0,34	1358,90
TOTAL			4831,15

Residus radioactius			
Combustible	Consum kWh/any	Residus radioactius mg kWh	Residus radioactius mg/any
Electricitat (xarxa elèctrica)	3996,75	0,7	2797,73
TOTAL			2797,73

L'edifici actual, amb un consum elèctric mig de 10,95kWh/dia (3996,75 kWh/any) i un consum mig de 19290,3 kWh/any de gas natural, emet a l'atmosfera un total de 4831,15 Kg de CO₂ l'any entre altres contaminants. L'ús de l'electricitat a més a més d'emetre CO₂, genera 2,79 Kg/any de residus radioactius.

Mezcla Endesa Energia, S.A.U. 2016



Imatge 146: mixta energètica de l'electricitat distribuïda per Endesa Font Endesa Energia S.A.U 2016

La quantitat d'emissions i residus radioactius generats amb l'ús de l'electricitat de la xarxa per part de l'edifici actual, és molt elevat degut a: l'alt consum energètic de l'edifici, la baixa eficiència de les instal·lacions i a l'electricitat distribuïda per la companyia, amb un alt impacte ambiental resultat d'utilitzar principalment energies no renovables i contaminants.

Per tant en el cas d'implementar l'edifici nZEB dissenyat, al no emetre contaminants es deixarien d'emetre 4,83 tones de CO₂ a l'any, les quals contribueixen a accelerar l'efecte hivernacle i 2,79 Kg de residus radioactius que tardaran milers d'anys en deixar de ser perillosos pel medi ambient i l'esser humà.

7.4. Estudi econòmic

En els apartats anteriors, s'ha pogut determinar que des del punt de vista energètic i mediambiental la implementació del edifici nZEB és molt favorable. El conjunt de millores permet obtenir un edifici energèticament independent amb 0 emissions contaminants i 0 residus peril·losos pel medi ambient i les persones.

Arribats a aquest punt, cal realitzar un anàlisi des del punt de vista econòmic, per conèixer si la inversió a realitzar per implementar l'edifici nZEB és rentable des del punt de vista econòmic.

Per tal de realitzar aquest anàlisi, s'hauran de tenir en compte una sèrie de factors:

- Inversió inicial.
- Estalvi energètic.
- Costos de manteniment.
- Preu de l'energia i venda de l'electricitat excedent
- Depreciació del valor del diner.

Tenint en compte aquest factors i realitzant certes hipòtesis, es pot determinar si econòmicament és recomanable o no realitzar la inversió. Per fer-ho s'utilitzaran les eines financeres conegudes com VAN i TIR.

VAN (Valor Actual Net)

És una eina financera que mesura els fluxos de diners (despeses i ingressos) que es realitzen al llarg d'un període de temps en una inversió i determina si la inversió donarà beneficis econòmics o no tenint en compte la pèrdua de valor dels diners.

(78)

$$VAN = -I_0 + \frac{Q_1}{(1 + K)} + \frac{Q_2}{(1 + K)^2} + \frac{Q_3}{(1 + K)^3} \dots + \frac{Q_n}{(1 + K)^n}$$

On: VAN= Valor actual net del flux de diner en el període de duració de la inversió

I_0 = la inversió de diners inicialment realitzada

Q_n =suma del conjunt de despeses i beneficis obtinguts en aquell any n (*cash flow*)

K= taxa de depreciació del valor del diner

Depenent del valor del VAN obtingut es pren la decisió de realitzar o no la inversió:

- **VAN > 0:** el valor actualitzat dels diners (despeses i beneficis) futurs durant el temps en que s'ha realitzat la inversió dóna un resultat POSITIU → és recomanable realitzar la inversió ja que s'obtindran beneficis.
- **VAN = 0:** el valor actualitzat dels diners (despeses i beneficis) futurs durant el temps en que s'ha realitzat la inversió dóna un resultat NUL = 0 → la inversió no genera beneficis ni pèrdues, sent indiferent la seva realització o no.
- **VAN < 0:** el valor actualitzat dels diners (despeses i beneficis) futurs durant el temps en que s'ha realitzat la inversió dóna un resultat NEGATIU → no es recomana realitzar la inversió ja que es produiran pèrdues i no s'obtindrà cap benefici econòmic

TIR (Taxa Interna de Retorn)

És una altre eina financera molt relacionada amb el VAN que es pot utilitzar per saber si una inversió generarà beneficis o no coneixent el VAN i k. També es pot utilitzar per conèixer quin és el valor k (tassa de depreciació del diner) que s'utilitza en la fórmula del VAN, a partir del qual la inversió no generarà beneficis i que sobte igualant el VAN=0.

La fórmula que s'utilitza és la mateixa que el VAN, simplement es substitueix K per TIR.

(79)

$$VAN = -I_0 + \frac{Q_1}{(1 + TIR)} + \frac{Q_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{Q_3}{(1 + TIR)^3} \cdots + \frac{Q_n}{(1 + TIR)^n}$$

- **TIR > K:** el valor del TIR és superior al valor k de depreciació dels diners escollit → és recomanable realitzar la inversió ja que s'obtindran beneficis.
- **TIR = k:** el valor del TIR és igual al valor k de depreciació dels diners escollit → la inversió no genera beneficis ni pèrdues, sent indiferent la seva realització o no.
- **TIR < K:** el valor del TIR és inferior al valor k de depreciació dels diners escollit → no és recomana realitzar la inversió ja que es produiran pèrdues i no s'obtindrà cap benefici econòmic.

Tot i que es poden utilitzar qualsevol dels dos mètodes, s'utilitzarà el VAN per determinar si la inversió genera beneficis o no i s'utilitzarà el TIR per saber a partir de quin valor K la inversió realitzada no generarà beneficis.

Es realitzaran 2 hipòtesis diferents per analitzar la inversió a realitzar:

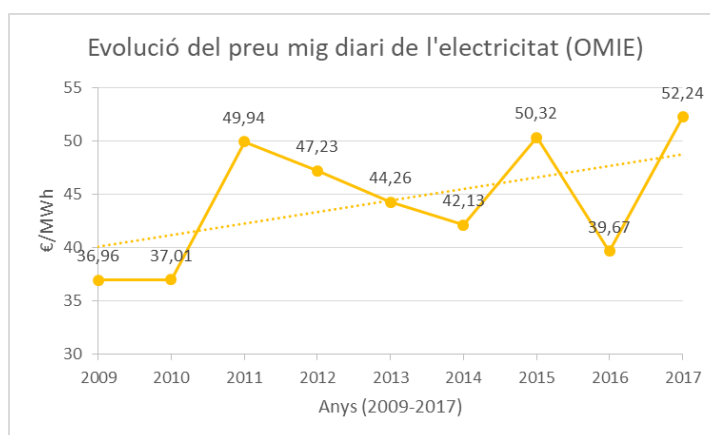
- **Hipòtesis 1:** en l'edifici actual es volen aplicar totes les millores considerades en aquest projecte. Segons pressupost, es considera la inversió inicial de 38.313,46€, els guanys obtinguts per la venda d'electricitat i l'estalvi monetari corresponent a no comprar gas natural ni electricitat de la xarxa.
- **Hipòtesis 2:** no s'aplica cap de les mesures considerades en el projecte i es decideix continuar amb els aïllaments i les instal·lacions actuals. La inversió inicial que s'ha de realitzar únicament és el cost de la caldera de gas natural 2.500€.

A continuació es presenten en més detall les consideracions obtingudes en cada hipòtesis i els resultats obtinguts:

7.4.1. Hipòtesis 1

Es decideix aplicar totes les millores considerades en l'edifici actual i es considera que:

- **Inversió inicial:** segons el pressupost, la inversió a realitzar sense iva és de **38.313, 46€ (sense IVA)**.
- **Costos de manteniment:** el manteniment de l'equip d'aerotèrmia i les instal·lacions de generació elèctrica tenen un cost de manteniment anual de **700€** amb un increment de **10€ cada 10 anys**. S'inclou la reparació i substitució dels elements deteriorats o danyats.
- **Preu de l'electricitat i el gas natural:** es consideraran els costos que es deixen de tenir que pagar per adquirir electricitat de la xarxa i gas natural. Es parteix dels preus actualment contractats a l'edifici amb un increment del **10% cada any, 0,17 €/kWh d'electricitat i 0,05 €/kWh de gas natural**.
- **Venda de l'electricitat excendent:** actualment el mercat elèctric espanyol és molt complex i el preu de l'energia té tendència a incrementar, és per això que es suposa un preu de venda de l'electricitat excendent de **0,05€/kWh** amb un increment del **10% cada any**.



Gràfic 70: Evolució del preu mig subhasta de l'electricitat OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía)

- **Depreciació del valor del diner:** es considera un **5%** de depreciació del diner **k=0,05**
- **Rendiment de les instal·lacions de generació:** es considera que cada any es disminueix en **1%** el rendiment de la instal·lació de generació híbrida (solar + eòlica)
- L'anàlisi es realitzarà en un **període temporal de 25 anys**, coincidint amb el final del període de garantia de les plaques solars.

No es consideraran les despeses per lloguer de comptadors, cost dels diferents processos administratius necessaris, impostos ni cap altre cost no especificat anteriorment.

Taula 75: Hipòtesis 1 resultats obtinguts en el càlcul del VAN

Hipòtesis 1										
ANY	Cost manteniment (€/any)	Preu gas natural (€/kWh)	Estalvi gas natural (€/any)	Preu compra electricitat (€/kWh)	Estalvi elèctric xarxa (€/any)	Excedents de la producció energètica (kWh/any)	Preu venda electricitat (€/kWh)	Venda excedents producció energètica (€/any)	Cash flow ($Q_n/(1+k)^n$)	VAN
0										-38313,46
1	-700	0,050	964,52	0,170	679,45	5084,40	0,050	254,22	1141,13	-37172,33
2	-700	0,055	1060,97	0,187	747,39	5033,56	0,055	276,85	1256,42	-35915,91
3	-700	0,061	1167,06	0,206	822,13	4982,71	0,061	301,45	1374,06	-34541,85
4	-700	0,067	1283,77	0,226	904,34	4931,87	0,067	328,22	1494,30	-33047,55
5	-700	0,073	1412,15	0,249	994,78	4881,02	0,073	357,32	1617,39	-31430,16
6	-700	0,081	1553,36	0,274	1094,26	4830,18	0,081	388,95	1743,59	-29686,58
7	-700	0,089	1708,70	0,301	1203,68	4779,34	0,089	423,34	1873,16	-27813,42
8	-700	0,097	1879,57	0,331	1324,05	4728,49	0,097	460,72	2006,38	-25807,04
9	-700	0,107	2067,52	0,364	1456,46	4677,65	0,107	501,35	2143,54	-23663,50
10	-700	0,118	2274,28	0,401	1602,10	4626,80	0,118	545,49	2284,90	-21378,60
11	-710	0,130	2501,70	0,441	1762,31	4575,96	0,130	593,44	2424,93	-18953,66
12	-710	0,143	2751,87	0,485	1938,54	4525,12	0,143	645,53	2575,90	-16377,76
13	-710	0,157	3027,06	0,534	2132,40	4474,27	0,157	702,11	2731,99	-13645,78
14	-710	0,173	3329,77	0,587	2345,64	4423,43	0,173	763,54	2893,51	-10752,27
15	-710	0,190	3662,74	0,646	2580,20	4372,58	0,190	830,24	3060,80	-7691,46
16	-710	0,209	4029,02	0,710	2838,22	4321,74	0,209	902,65	3234,22	-4457,25
17	-710	0,230	4431,92	0,781	3122,04	4270,90	0,230	981,23	3414,11	-1043,14
18	-710	0,253	4875,11	0,859	3434,25	4220,05	0,253	1066,51	3600,85	2557,70
19	-710	0,278	5362,62	0,945	3777,67	4169,21	0,278	1159,02	3794,82	6352,52
20	-710	0,306	5898,89	1,040	4155,44	4118,36	0,306	1259,38	3996,42	10348,95
21	-720	0,336	6488,77	1,144	4570,98	4067,52	0,336	1368,21	4202,49	14551,43
22	-720	0,370	7137,65	1,258	5028,08	4016,68	0,370	1486,22	4420,79	18972,22
23	-720	0,407	7851,42	1,384	5530,89	3965,83	0,407	1614,15	4648,00	23620,22
24	-720	0,448	8636,56	1,522	6083,98	3914,99	0,448	1752,80	4884,60	28504,83
25	-720	0,492	9500,21	1,674	6692,38	3864,14	0,492	1903,04	5131,07	33635,90

Realitzant totes les millores considerades en el projecte sobre l'edifici actual, inicialment s'han d'invertir 38.313,46€ i gràcies als estalvis energètics d'electricitat, gas natural i la venda d'excedent d'energia elèctrica generada, s'aconsegueix obtenir a l'any 25 un VAN positiu al finalitzar la inversió de 33.635,90€.

Això significa que la inversió generarà uns beneficis de 33.635,90€ en el període de temps considerat i es recuperarà la inversió realitzada l'any 18. Tot i que es tarda força temps en recuperar la inversió, gràcies a l'energia excedent produïda i a l'increment dels preus de l'energia es pot recuperar la inversió realitzada en un període inferior als 25 anys.

Utilitzant la fórmula 79, s'obté que el valor TIR, és a dir el valor k pel qual el VAN=0, és de 9,51% (0,0951) i per valors de K superiors, la inversió realitzada no genera beneficis en els 25 anys considerats.

7.4.2. Hipòtesis 2

Es decideix no aplicar cap de les mesures de millora plantejades:

- **Inversió inicial:** únicament s'ha de considerar el cost de la caldera de gas natural **2.500€ (sense IVA)**.
- **Costos de manteniment:** el manteniment de la caldera té un cost de manteniment anual de **120€** amb un increment de **10€ cada 10 anys**. S'inclou la reparació i substitució dels elements deteriorats o danyats.
- **Preu de l'electricitat i el gas natural:** els costos d'adquisició d'electricitat de la xarxa i de gas natural, parteixen dels preus actualment contractats a l'edifici amb un increment del **10% cada any**, **0,17 €/kWh d'electricitat i 0,05 €/kWh de gas natural**
- **Venda de l'electricitat excedent:** no existeixen instal·lacions de generació energètica per tant no es pot vendre energia.
- **Depreciació del valor del diner:** es considera un **5%** de depreciació del diner **k=0,05**
- L'anàlisi es realitzarà en un **període temporal de 25 anys**.

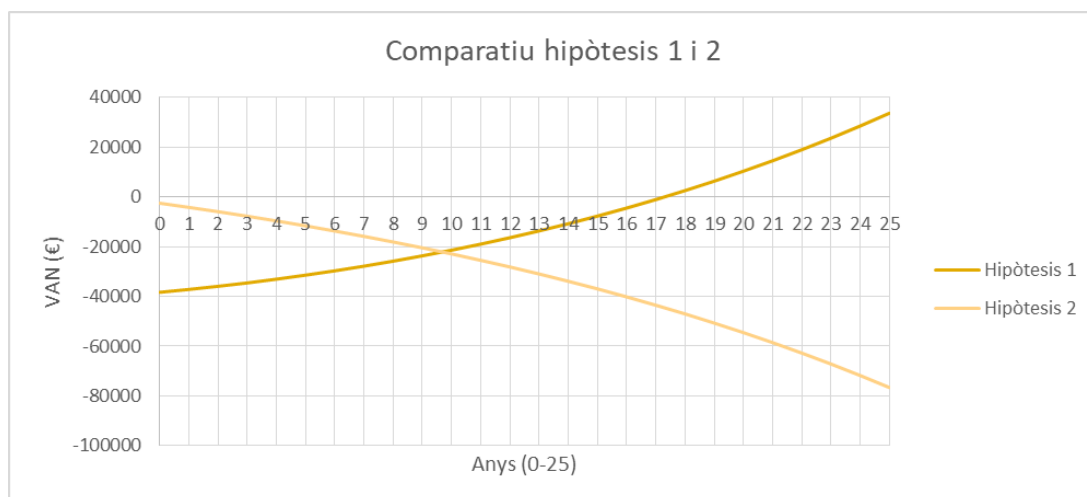
No es consideraran les despeses per lloguer de comptadors, cost dels diferents processos administratius necessaris, impostos ni cap altre cost no especificat anteriorment.

Taula 76: Hipòtesis 2 resultats obtinguts en el càlcul del VAN

Hipòtesis 2										
ANY	Cost manteniment (€/any)	Preu gas natural (€/kWh)	Cost gas natural (€/any)	Preu compra electricitat (€/kWh)	Cost electricitat xarxa (€/any)	Excedents de la producció energètica (kWh/any)	Preu venda electricitat (€/kWh)	Venda excedents producció energètica (€/any)	Cash flow ($Q_n/(1+k)^n$)	VAN
										-2500
1	-120	0,050	-964,52	0,170	-679,45	0,00	0,000	0,00	-1679,96	-4179,96
2	-120	0,055	-1060,97	0,187	-747,39	0,00	0,000	0,00	-1749,08	-5929,04
3	-120	0,061	-1167,06	0,206	-822,13	0,00	0,000	0,00	-1822,00	-7751,04
4	-120	0,067	-1283,77	0,226	-904,34	0,00	0,000	0,00	-1898,89	-9649,94
5	-120	0,073	-1412,15	0,249	-994,78	0,00	0,000	0,00	-1979,91	-11629,85
6	-120	0,081	-1553,36	0,274	-1094,26	0,00	0,000	0,00	-2065,24	-13695,09
7	-120	0,089	-1708,70	0,301	-1203,68	0,00	0,000	0,00	-2155,06	-15850,14
8	-120	0,097	-1879,57	0,331	-1324,05	0,00	0,000	0,00	-2249,56	-18099,70
9	-120	0,107	-2067,52	0,364	-1456,46	0,00	0,000	0,00	-2348,94	-20448,64
10	-120	0,118	-2274,28	0,401	-1602,10	0,00	0,000	0,00	-2453,43	-22902,07
11	-130	0,130	-2501,70	0,441	-1762,31	0,00	0,000	0,00	-2569,09	-25471,16
12	-130	0,143	-2751,87	0,485	-1938,54	0,00	0,000	0,00	-2684,19	-28155,35
13	-130	0,157	-3027,06	0,534	-2132,40	0,00	0,000	0,00	-2805,11	-30960,46
14	-130	0,173	-3329,77	0,587	-2345,64	0,00	0,000	0,00	-2932,12	-33892,58
15	-130	0,190	-3662,74	0,646	-2580,20	0,00	0,000	0,00	-3065,50	-36958,08
16	-130	0,209	-4029,02	0,710	-2838,22	0,00	0,000	0,00	-3205,52	-40163,59
17	-130	0,230	-4431,92	0,781	-3122,04	0,00	0,000	0,00	-3352,49	-43516,08
18	-130	0,253	-4875,11	0,859	-3434,25	0,00	0,000	0,00	-3506,73	-47022,81
19	-130	0,278	-5362,62	0,945	-3777,67	0,00	0,000	0,00	-3668,57	-50691,38
20	-130	0,306	-5898,89	1,040	-4155,44	0,00	0,000	0,00	-3838,37	-54529,75
21	-140	0,336	-6488,77	1,144	-4570,98	0,00	0,000	0,00	-4020,07	-58549,81
22	-140	0,370	-7137,65	1,258	-5028,08	0,00	0,000	0,00	-4206,71	-62756,53
23	-140	0,407	-7851,42	1,384	-5530,89	0,00	0,000	0,00	-4402,48	-67159,00
24	-140	0,448	-8636,56	1,522	-6083,98	0,00	0,000	0,00	-4607,78	-71766,78
25	-140	0,492	-9500,21	1,674	-6692,38	0,00	0,000	0,00	-4823,06	-76589,84

En aquesta hipòtesis no té sentit calcular el VAN ja que no es genera electricitat que es pugui vendre a la xarxa, no es realitza cap estalvi energètic ni es genera cap ingrés econòmic. En veritat aquest càlcul el que diu és que al final del període de 25 anys, s'haurà gastat 76.589,84€ per mantenir l'habitatge en condicions de confort agradables i per mantenir en funcionament els electrodomèstics i altres aparells que consumeixen energia.

Comparant la hipòtesis 1 i 2, s'observa que la inversió necessària per realitzar les millores plantejades en aquest projecte, són beneficioses no només des del punt de vista energètic i mediambiental, també des del punt de vista econòmic. En la hipòtesis 1, en 18 anys, es pot recuperar la inversió realitzada i es comencen a generar beneficis. En canvi en la hipòtesis 2 si es decideix no implementar cap de les mesures, únicament s'obtenen pèrdues al no generar-se cap estalvi ni benefici econòmic, emetent una gran quantitat d'emissions i residus perjudicials.



Gràfic 71: Comparatiu hipòtesis 1 i 2, evolució del VAN

En el gràfic 71, es pot observar com aproximadament a l'any 9-10 de realitzar les dues inversions, els VAN s'igualen i a partir d'aquest moment realitzar la inversió de la hipòtesis 1 resulta cada cop més favorable, recuperant la inversió l'any 18. En canvi en la hipòtesis 2, el VAN resultant és cada cop més negatiu sense possibilitat de recuperar la inversió realitzada i acumulant pèrdues.

Cal destacar que resulta molt difícil determinar en un període tan llarg de temps si realment una inversió d'aquestes característiques pot resultar beneficiosa econòmicament. És molt difícil preveure l'evolució del preu de l'energia i s'ha de tenir en compte que els equips poden presentar defectes o problemes durant aquets 25 anys sent necessari realitzar reparacions o substitucions dels elements que la componen.

Tot i aquesta variabilitat en els diferents escenaris, analitzant tota la informació obtinguda es determina que des del punt de vista econòmic és molt recomanable realitzar la inversió plantejada en la hipòtesis 1 en la qual s'apliquen totes les mesures de millora per obtenir un edifici nZEB. Aquesta inversió és la única amb la qual existeix la possibilitat de recuperar la inversió realitzada podent obtenir beneficis econòmics.

8. Anàlisi de l'impacte ambiental

En aquest capítol, es realitza un breu anàlisi de l'impacte ambiental conseqüència de l'ús dels materials escollits en els aïllaments de l'edifici nZEB i del funcionament normal com de les possibles avaries, accidents... de les instal·lacions proposades en aquest projecte.

Materials aïllants de l'envolupant tèrmica

En l'envolupant tèrmica, s'utilitzen com materials aïllants tèrmics plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR). En condicions d'ús normal, aquest material és inofensiu pel medi ambient a no ser que es cremi, llavors es generen gasos tòxics que contribueixen a augmentar l'efecte hivernacle.

L'espuma de poliuretà pot presentar un risc per a les persones, el contacte amb els ulls pot provocar ceguera. Aquest material sol despendre al llarg de la seva vida útil vapors tòxics fent que la sobreexposició en elevades concentracions dels gasos emesos poden provocar marejos o pèrdua de coneixement. El contacte directe amb la pell pot provocar reaccions al·lèrgiques.

Materials de les finestres i marcs

Les finestres i marcs utilitzats, estan compostos per vidre i materials plàstics de PVC. El vidre és una matèria amorfa, dura i sense efectes negatius en el medi. Únicament pot ocasionar incendis si es donen les condicions de temperatura, radiació solar i humitat adequades. És inofensiu per l'esser humà, tan sols s'ha de vigilar en la seva manipulació per tal de no resultar ferit.

El PVC (Clorur de Polivinil) és un material d'origen plàstic que pot contenir altres substàncies per modificar les seves propietats i que poden resultar perilloses pel medi ambient i les persones. Si es crema s'alliberen substàncies tòxiques que poden provocar càncer, afectar al sistema immunològic i el sistema reproductiu dels animals i les persones.

Els plàstics són un perill pel medi ambient, el seu incorrecte reciclatge pot provocar que aquest material arribi al mar incorporant-se a la cadena tròfica dels animals produint la seva mort prematura i en última instància pot arribar a l'alimentació humana incrementant el risc càncer i altres malalties.

Instal·lació d'aerotèrmia

Aquest tipus d'instal·lacions, utilitzen gasos refrigerants que si s'alliberen a l'atmosfera poden contribuir a augmentar el forat de la capa d'ozó i accelerar el canvi climàtic.

En concret l'equip escollit utilitza gas refrigerant R410 A, resultat de la combinació dels gasos R-125 i R-32 formant un gas químicament estable i de baixa toxicitat, amb una exposició màxima permesa a les persones de 8h a una concentració de 1000 ppm. A diferència d'altres gasos refrigerants, no té efectes negatius sobre la capa d'ozó però el seu índex GWP (Global Warming Potential) és molt elevat sent de 2.088. Això significa que una unitat d'aquest gas té el mateix potencial per contribuir a l'escalfament global del planeta que 2.088 unitats de CO₂.

En les persones el contacte amb aquest gas pot provocar: congelacions, cremades per congelació, irritacions i asfíxia en concentracions molt elevades.

Aquets equips també utilitzen olis i lubricants, residus peril·losos pel medi ambient podent contaminar grans quantitats de terra i aigua, amb conseqüències molt negatives pels ecosistemes aquàtics.

Instal·lació solar tèrmica d'ACS

En el circuit primari d'aquest tipus d'instal·lacions, s'utilitzen anticongelants per tal d'evitar la congelació del fluid que transporta l'energia tèrmica del captador solar al intercanviador. Aquest solen estar formats a partir del etilenglicol i altres substàncies que poden resultar contaminants.

Si es produeix una fuga d'aquest líquid, pot contaminar grans quantitats d'aigua afectant greument als ecosistemes aquàtics. La descomposició d'aquesta substància genera gas amoníac que en pot ocasionar irritacions en els ulls, les vies respiratòries i la pell. La ingestió d'aigua contaminada per anticongelants pot afectar greument a diferents òrgans com són el fetge i els ronyons.

Instal·lació solar fotovoltaica i eòlica

Les instal·lacions de generació elèctrica de l'edifici representen un risc per a les persones. Si no actuen correctament les diferents proteccions, poden causar greus ferides o la mort per electrocució.

Els materials amb que es fabriquen les plaques fotovoltaïques, poden tenir conseqüències negatives pel medi ambient i les persones, sobretot durant el procés de fabricació.

- **Silici Cristal·lí:** el silici en si mateix no presenta risc per a la salut humana, però la pols de silici pot ocasionar problemes al sistema respiratori si és inhalat. Durant el procés de fabricació de les cèl·lules fotovoltaïques s'utilitzen productes químics com: l'àcid fluorhídric, àcid nítric i hidròxid de sodi... productes molt tòxics i corrosius. També s'utilitzen certs gasos tòxics com el bromur d'hidrogen i derivats del fòsfor que són peril·losos per a la salut humana i contribueixen a augmentar l'efecte hivernacle.
- **Cadmi:** és un producte cancerigen i amb una alta toxicitat i s'han d'extremar les mesures de seguretat durant el seu us
- **El coure, Indio i seleni:** són materials que també s'utilitzen en la fabricació de les plaques fotovoltaïques que en concentracions altes poden resultar tòxics i peril·losos per a la salut humana.

Conclusions

En aquest projecte s'ha pogut redissenyar un edifici nZEB a partir d'un edifici actualment construït, dimensionant els diferents aïllaments per millorar-ne l'envolupant tèrmica i projectant noves instal·lacions que millorin l'eficiència i també poder generar l'energia necessària per l'autoconsum amb fonts d'energia renovable.

Els nivells de consum i producció energètica assolits en l'edifici redissenyat, compleixen amb la definició actual d'edifici nZEB: *edifici amb un alt nivell d'eficiència energètica, consums d'energia gairebé zero i coberts en gran mesura per energia procedents de fonts renovables, produïdes in situ o en l'entorn.*

L'aplicació de les mesures plantejades impliquen una reducció en el consum energètic superior al 90% en comparació al consum de l'edifici actual, permetent cobrir el 100% de l'energia consumida amb fonts d'energia renovable generant zero tan d'emissions contaminants com de residus perillosos.

Tot i el superior cost que suposa construir un edifici nZEB en comparació a un de tradicional, els estalvis energètics, econòmics i en emissions compensen la inversió realitzada assolint majors nivells de confort a l'interior de l'edifici. S'ha pogut demostrar que el conjunt de millores aplicades permeten recuperar la inversió realitzada generant beneficis a llarg termini.

En canvi els edificis tradicionals amb aïllaments pobres i instal·lacions poc eficients només generen pèrdues econòmiques que es van incrementant a mesura que augmenta el preu de l'energia.

La inclusió en l'edifici de sistemes de generació d'energia a partir de fonts renovables permeten als usuaris tenir un major control i ser conscients de l'energia que consumeixen, podent contribuir a la millora i reducció de l'impacte ambiental de l'energia elèctrica generada en centrals llunyanes, i per altra part podent injectar a la xarxa l'energia excedent generada.

Finalment l'estudi realitzat demostra que els edificis d'energia zero són el present i futur en la construcció d'edificis per combatre els problemes energètics i ambientals plantejats al principi d'aquest projecte canviant radicalment la forma en que es consumeix i es genera energia.

Pressupost

En aquest apartat s'especifiquen els costos dels materials utilitzats per realitzar les diverses millores en l'envolupant tèrmica de l'edifici i les noves instal·lacions de generació elèctrica, refrigeració, calefacció i ACS.

Capítol 1: aïllaments envolupant tèrmica

Capítol1: aïllaments					
Partida	Descripció	Preu unitari €/unitat	Unitats	Quantitat	Total €
1.1	Subministrament de plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) de 5,6 cm de gruix per la façana	13	m ²	97	1261
1.2	Subministrament de plaques de poliuretà conformat en fàbrica (PUR) de 7,8 cm de gruix per la coberta	16	m ²	61,5	984
1.3	Material per la instal·lació de plaques (PUR) (25% cost material)	561,25	u	1	561,25
1.4	Instal·lació plaques PUR en façanes	800	u	1	800
1.5	Instal·lació plaques PUR en coberta	200	u	1	200
1.6	Muntatge i desmuntatge d'envestida	150	u	1	150
				TOTAL	3956,25
				IVA (21%)	830,81
				TOTAL + IVA	4787,06

Capítol 2: finestres i marcs

Capítol 2: marcs i finestres					
Partida	Descripció	Preu unitari €/unitat	Unitats	Quantitat	Total €
2.1	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m ² K amb marc de PVC de 3 cambres 3350 d'ample x 2000 mm d'alçada	1243	u	1	1243
2.2	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m ² K amb marc de PVC de 3 cambres 1700 d'ample x 2000 mm d'alçada	655,4	u	1	655,4
2.3	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m ² K amb marc de PVC de 3 cambres 1200 d'ample x 2000 mm d'alçada	477,34	u	1	477,34
2.4	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m ² K amb marc de PVC de 3 cambres 3000 d'ample x 2000 mm d'alçada	1118,36	u	1	1118,36

2.5	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m^2K amb marc de PVC de 3 cambres 1400 d'ample x 2000 mm d'alçada	548,56	u	1	548,56
2.6	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m^2K amb marc de PVC de 3 cambres 1450 d'ample x 1000 mm d'alçada	308,18	u	1	308,18
2.7	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m^2K amb marc de PVC de 3 cambres 2000 d'ample x 2000 mm d'alçada	762,24	u	1	762,24
2.8	Subministrament i instal·lació de finestra corredissa de 2 fulles, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m^2K amb marc de PVC de 3 cambres 2700 d'ample x 1900 mm d'alçada	963,44	u	1	963,44
2.9	Subministrament i instal·lació de finestra basculant, de doble vidre baix emissiu 4-12-6 U=1,6 W/m^2K amb marc de PVC de 3 cambres 780 d'ample x 970 mm d'alçada	185,32	u	2	370,64
			TOTAL		6447,16
			IVA (21%)		1353,90
			TOTAL + IVA		7801,06

Capítol 3: instal·lació solar tèrmica

Capítol 3: instal·lació solar tèrmica d'ACS					
Partida	Descripció	Preu unitari €/unitat	Unitats	Quantitat	Total €
3.1	Subministrament i instal·lació de captador solar Vaillant auro THERM VFK 135VD	394,76	u	1	394,76
3.2	Subministrament i instal·lació de suport per captador solar tèrmic en coberta kit Vaillant	141	u	1	141
3.3	Subministrament i instal·lació de dipòsit d'acumulació Baixi AS300-2E	1088	u	1	1088
3.4	Sistema de canalització d'aigua de polipropilè amb aïllament d'espuma de poliuretà	358	u	1	358
3.5	Bomba circuladora Grunfos per ACS magna1 32-80	148	u	1	148
3.6	Kit de bombeig solar Vaillant Auroflow plus VPM 15 D	951	u	1	951
				TOTAL	3080,76
				IVA (21%)	646,96
				TOTAL + IVA	3727,72

Capítol 4: instal·lació solar fotovoltaica i eòlica

Capítol 4: instal·lació solar fotovoltaica + eòlica					
Partida	Descripció	Preu unitari €/unitat	Unitats	Quantitat	Total €
4.1	Subministrament placa solar fotovoltaica World 300 mono	240	u	13	3120
4.2	Subministrament suport placa solar sobre coberta	60	u	13	780
4.3	Aerogenerador Techno Sun FSH 2000 + suport	2316,55	u	1	2316,55
4.4	Subministrament inversor - regulador Fornius Primo 6,01 6 kW	1788,42	u	1	1788,42
4.5	Subministrament pack bateries solars Rolls S-480	1493,32	u	1	1493,32
4.6	Realització d'instal·lació elèctrica incloent elements de protecció	420	u	1	420
4.7	Realització posta a terra	600	u	1	600
4.8	Mà d'obra instal·lació plaques fotovoltaïques	800	u	1	800
			TOTAL		11318,29
			IVA (21%)		2376,84
			TOTAL + IVA		13695,13

Capítol 5: instal·lació equip aerotèrmia

Capítol 5: instal·lació equip aerotèrmia					
Partida	Descripció	Preu unitari €/unitat	Unitats	Quantitat	Total €
5.1	Subministrament unitat exterior Daikin ERLQ004CV3	1705	u	1	1705
5.2	Subministrament unitat interior Daikin hidrokit EHVX04S18CB3V	3708	u	1	3708
5.3	Subministrament unitat de control Daikin EKRUCBS	135	u	1	135
5.4	Kit de connexió daikin	63	u	1	63
5.5	Mà d'obra instal·lació i adaptació equip aerotèrmia a la instal·lació existent	500	u	1	500
			TOTAL		6111
			IVA (21%)		1283,31
			TOTAL + IVA		7394,31

Capítol 6: cost estudi del projecte

Capítol 6: cost estudi del projecte					
Partida	Descripció	Preu unitari €/unitat	Unitats	Quantitat	Total €
5.1	Estudi d'enginyeria	10	h	700	7000
5.2	Ús d'equips informàtics, material d'oficina	400	u	1	400
				TOTAL	7400
				IVA (21%)	1554
				TOTAL +IVA	8954

Pressupost global

Pressupost global		
Capítol	Descripció	Total €
1	Aïllaments envolupant tèrmica	3956,25
2	Marc i finestres	6447,16
3	Instal·lació solar tèrmica d'ACS	3080,76
4	Instal·lació solar fotovoltaica + eòlica	11318,29
5	Instal·lació equip d'aerotèrmia	6111,00
6	Cost estudi del projecte	7400,00
	TOTAL	38313,46
	IVA	8045,83
	TOTAL + IVA	46.359,29 €

Bibliografia

Llibres

Ann V. Edminister, *Energy free homes for small planet* [llibre] PO Box 6397, San Rafael, CA 94903, ISBN 978-0-9764911-3-2

Javier María Méndez Muñoz, Rafael Cuervo García, *Energía solar fotovoltaica* [llibre] Príncipe de Vergara, 74 Madrid ISBN 978-84-96743-97-7

José Roldán Vilorio, 2010. *Instalaciones fotovoltaicas* [llibre] 1ª ed. Av Filipinas, 50 Baix A Madrid ISBN 978-84-283-3203-3

Mario Aguer, Luis Jutglar, Ángel L. Miranda, Pedro Rufes. *El ahorro energético* [llibre] Doña Juana de Castilla 22 Madrid, ISBN 84-7978-620-5

Pedro Rufes Martínez 2010. *Energía solar térmica* [llibre] Gran Via de les corts catalanes, 594 Barcelona ISBN 978-84-267-1558-6

Riba i Romeba, C., 2011 *Recursos energéticos i crisi: la fi de 200 anys irrepetibles* [llibre] Barcelona ISBN 9788499212661

Ricardo Lemvigh-Müller, 1999. *Instalaciones de energía solar térmica* [llibre] Costa Rica 13, Madrid ISBN 84-86913-05-5

Xercavins J. 2005. *Desarrollo sostenible* [llibre]. Barcelona: Edicions UPC ISBN 9788498800715

Recursos electrònics

AEMET OpenData. A: [en línia]. [Consulta: 6 maig 2018]. Disponible a: <https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/productosAEMET?>

Barcelona xifra en 250 les morts anuals que causa la contaminació | Catalunya | EL PAÍS Catalunya. A: [en línia]. [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible a: https://cat.elpais.com/cat/2017/11/29/catalunya/1511987914_880724.html.



Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. A: [en línia]. [Consulta: 23 abril 2018]. Disponible a: <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-marinas.pdf>.

Buildings - European Commission. A: [en línia]. [Consulta: 5 març 2018]. Disponible a: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>.

Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. A: [en línia]. [Consulta: 25 abril 2018 a]. Disponible a: [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. A: [en línia]. [Consulta: 1 març 2018 b]. Disponible a: [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

Climate Change: Vital Signs of the Planet: January 2018 was fifth warmest January on record. A: [en línia]. [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible a: <https://climate.nasa.gov/news/2683/january-2018-was-fifth-warmest-january-on-record/>.

Conceptos de energía eólica. A: [en línia]. [Consulta: 25 maig 2018 a]. Disponible a: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpowerweb/es/stat/unitsw.htm#roughness>.

Conceptos de energía eólica. A: [en línia]. [Consulta: 1 maig 2018 b]. Disponible a: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpowerweb/es/stat/unitsw.htm#roughness>.

Consumos del Sector Residencial en España Resumen de Información Básica. A: [en línia]. [Consulta: 1 juny 2018]. Disponible a: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf.

De Madrid, C.La Suma de Todos. A: [en línia]. [Consulta: 11 maig 2018]. Disponible a: www.madrid.org.

Edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB): un gran reto del sector de la construcción en Europa. A: [en línia]. [Consulta: 1 març 2018]. Disponible a: <https://www.cscae.com/index.php/es/conoce-cscae/area-tecnica/todas-las-noticias43/3543-edificios-de-consumo-de-energia-casi-nulo-nzeb-un-gran-reto-del-sector-de-la-construccion-en-europa>.

El Periódico de la Energía | El Periódico de la Energía con información diaria sobre energía eléctrica, eólica, renovable, petróleo y gas, mercados y legislación energética. – El Periódico de la Energía | El Periódico de la Energía con información diaria sobre energía eléctrica, eólica, renovable, petróleo y gas, mercados y legislación energética. A: [en línia]. [Consulta: 28 abril 2018]. Disponible a: <https://elperiodicodelaenergia.com/>.

España en cifras 2017. A: [en línia]. [Consulta: 22 abril 2018]. Disponible a: http://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2017/index.html#1.

Final, I., 2011. PROYECTO SECH-SPAHOUSEC Análisis del consumo energético del sector residencial en España. A: [en línia]. [Consulta: 1 juny 2018]. Disponible a: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf.

Generalitat de Catalunya., 2016. El precio del agua en Catalunya, 2016. A: [en línia]. [Consulta: 22 abril 2018]. Disponible a: http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/DocuWeb/estudis/observatori_preus_2016_es.pdf.

Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios. A: [en línia]. [Consulta: 12 maig 2018]. Disponible a: https://ovacen.com/wp-content/uploads/2014/06/guia_tecnica_ventanas.pdf.

Inici. Institut Català d'Energia. A: [en línia]. [Consulta: 3 febrer 2018]. Disponible a: <http://icaen.gencat.cat/ca/inici/>.

Instituto Nacional de Estadística Consumo medio del agua de los hogares. A: [en línia]. [Consulta: 22 abril 2018]. Disponible a: <http://www.ine.es/prensa/np992.pdf>.

International Energy Agency. A: [en línia]. [Consulta: 1 febrer 2018]. Disponible a: <https://www.iea.org/>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. A: [en línia]. [Consulta: 23 abril 2018]. Disponible a: <http://www.ipcc.ch/>.

IRENA – International Renewable Energy Agency. A: / [en línia]. [Consulta: 5 febrer 2018]. Disponible a: <http://www.irena.org/>.

La contaminació atmosfèrica provoca 428.000 morts prematures a l'any. A: [en línia]. [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible a: <https://www.elperiodico.cat/ca/medi-ambient/20171011/la-contaminacio-atmosferica-provoca-428000-morts-prematures-cada-any-a-europa-6347094>.

La contaminació atmosfèrica provoca a Espanya 15.000 morts l'any. A: [en línia]. [Consulta: 25 abril 2018 a]. Disponible a: <http://www.ccma.cat/tv3/alicanta/els-matins/la-contaminacio-atmosferica-provoca-a-espanya-15-000-morts-a-lany/video/5678670/>.

Optimización energética. Objetivo 20-20-20. A: [en línia]. [Consulta: 1 març 2018]. Disponible a: <https://www.cerem.es/blog/optimizacion-energetica-objetivo-20-20-20>.



Plataforma de Edificació Passivhaus. A: [en línia]. [Consulta: 4 abril 2018]. Disponible a: <http://www.plataforma-pep.org/>.

Polítiques europees. Canvi climàtic. Generalitat de Catalunya. A: [en línia]. [Consulta: 2 març 2018]. Disponible a: http://canviclimatic.gencat.cat/ca/politiques/politiques_europees/.

Quadern, C. i Número, P. Energia solar tèrmica. A: [en línia]. [Consulta: 7 maig 2018]. Disponible a: http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/03_energia_solar_termica.pdf.

Renewable Energy Agency, I., 2018. Renewable Power Generation Costs in 2017. A: International Renewable Energy Agency [en línia]. [Consulta: 28 abril 2018]. Disponible a: http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf.

Share of new dwellings in residential stock. A: [en línia]. [Consulta: 1 març 2018]. Disponible a: <http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/overall-building-activities/share-of-new-dwellings-in-residential-stock.html>.

Solar Tèrmica. A: [en línia]. [Consulta: 5 maig 2018]. Disponible a: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/energia-solar-termica>.

Treballant per un aire net a l'aglomeració de Barcelona. A: [en línia]. [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible a: http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/oficina_tecnica_de_plans_de_millora/pla_millora_qua_aire_2011_2015/Aire_net_2a_ed.pdf.

Normatives i reglaments consultats

REBT *Reglamento eléctrico de Baja Tensión* RD842/2002 de 2 de agosto

Directiva 2009/28/CE 23 d'abril de 2009

Directiva 2010/31/UE 13 de maig de 2010

Directiva 2012/27/UE 25 d'octubre de 2012

Recomanació 2016/336 de 8 de març de 2016

Annexos

- 1. Annex A: Càlculs**
- 2. Annex B: efecte dels contaminants sobre la salut humana**
- 3. Annex C: informació cadastral de l'edifici actual**
- 4. Annex D: definició del edifici actual en el programa CE3X**
- 5. Annex E: certificat energètic de l'edifici actual i resultat de les millores**
- 6. Annex F: característiques tècniques dels equips escollits**
- 7. Annex G: informe de resultats obtinguts amb el programa CHEQ4**
- 8. Annex H: informe de resultats Saunier Dubal aerotèrmia**
- 9. Annex I: dades meteorològiques obtingudes amb l'estació WS1080**

Annex A: càlculs

1. **Dimensionament dels espessors aïllants tèrmics**
2. **Instal·lació solar tèrmica d'ACS**
3. **Instal·lació d'aerotèrmia**
4. **Instal·lació solar fotovoltaica**
5. **Instal·lació mini eòlica**
6. **Instal·lació elèctrica**

1. Dimensionament dels espessors aïllants tèrmics

Per determinar el gruix necessari dels nous aïllaments a afegir en la façana i la coberta de l'edifici, s'utilitzaran les següents fórmules:

$$U_{CTE} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{actual} + R_{material\ aïllant}} \quad (1)$$

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (2)$$

On: U_{CTE} : és el valor objectiu marcat en l'apèndix E del CTE DB-HE en $[W/m^2k]$

R_{actual} : és la resistivitat que ofereixen els aïllaments tèrmics actuals de l'edifici $[m^2\ k/W]$.

$R_{material\ aïllant}$: és la resistivitat del nou material aïllant escollit $[m^2\ k/W]$.

e : el gruix en $[m]$ del material.

λ = conductivitat del material aïllant en $[W/m\ k]$.

Espessor aïllaments de les façanes

Transmitància tèrmica objectiu (U_{CTE}) = 0,29 $[W/m^2k]$

Transmitància tèrmica actual de les façanes (U_{actual}) = 0,69 $[W/m^2k]$

Conductivitat tèrmica del poliuretà conformat en fàbrica (PUR), λ_{PUR} = 0,028 $[W/m\ k]$ (valor mig)

Gruix dels materials aïllants de les façanes e_{actua} = 0,3 $[m]$

$$R_{actual} = \frac{1}{U_{actual}} = \frac{1}{0,69} = 1,45\ m^2k/W \quad (3)$$

$$U_{objectiu} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{actual} + R_{nou\ material\ aïllant}} \quad (4)$$

$$0,29 = \frac{1}{1,45 + R_{nou\ material\ aïllant}} \rightarrow R_{nou\ material\ aïllant} = 2,00\ W/m^2k$$

(5)

$$R_{nou material aïllant} = \frac{e_{nou material aïllant}}{\lambda_{PUR}} \rightarrow$$

$$e_{nou material aïllant} = R_{nou material aïllant} * \lambda_{PUR}$$

$$e_{nou material aïllant} = 2 * 0,028 = \mathbf{0,056 m = 5,60 cm}$$

Per tal d'assolir una conductivitat tèrmica total de 0,29 W/m²k en les façanes, s'hauran d'afegir plaques de poliuretà de 5,60 cm de gruix per l'exterior de la façana.

Espessor aïllaments coberta

Transmitància tèrmica objectiu (U_{CTE}) = 0,23 [W/m²k]

Transmitància tèrmica actual de la coberta (U_{actual}) = 0,64 [W/m²k]

Conductivitat tèrmica del poliuretà conformat en fàbrica (PUR), λ_{PUR} = 0,028 [W/m k] (valor mig)

Gruix dels materials aïllants de la coberta e_{actua} = 0,25 [m]

(6)

$$R_{actual} = \frac{1}{U_{actual}} = \frac{1}{0,64} = 1,56 m^2k/W$$

(7)

$$U_{objectiu} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{actual} + R_{nou material aïllant}}$$

$$0,23 = \frac{1}{1,56 + R_{nou material aïllant}} \rightarrow R_{nou material aïllant} = 2,79 W/m^2k$$

(8)

$$R_{nou material aïllant} = \frac{e_{nou material aïllant}}{\lambda_{PUR}} \rightarrow$$

$$e_{nou material aïllant} = R_{nou material aïllant} * \lambda_{PUR}$$

$$e_{nou material aïllant} = 2,79 * 0,028 = \mathbf{0,078 m = 7,80 cm}$$

Per tal d'assolir una conductivitat tèrmica total de 0,23 W/m²k en la coberta, s'hauran d'afegir plaques de poliuretà de 7,80 cm de gruix a sota de la coberta per l'interior de l'habitatge.

2. Instal·lació solar tèrmica d'ACS

Determinació de la demanda diària d'ACS

$$D_{\text{manda}} = N_{\text{persones}} * (X_{\text{litres*dia}}) \quad (9)$$

$$D_{\text{manda}} = 4 * \left(\frac{28l}{\text{dia}}\right) = \mathbf{112 \text{ litres/dia}} \quad (10)$$

La demanda d'ACS en l'edifici per 4 persones és de 112 litres/dia

Càlcul radiació que incideix sobre una superfície

$$R_g = k * k' * k'' * R \quad (11)$$

On

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [MJ/(m²/dia)]

k = factor corrector que depèn de la latitud,

k' = factor corrector a aplicar en plaques no orientades al sud i que dependrà de la orientació

k'' = factor corrector per ombres

R = Radiació incident sobre una superfície horitzontal

Taula 1: Dades de radiació solar sobre una superfície inclinada 50° i amb orientació sud 0°

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04	15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80	16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,60	14,14	12,94	14,67
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,80	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77	13,87
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,50	12,51	13,00
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,30	13,74	13,04	12,16	12,08

La taula 1, es troben les dades de radiació sobre una placa inclinada 50° orientada al sud, exactament igual que a la inclinació que haurà de tenir el captador solar tèrmic. Els termes K i k' estan considerats dintre la taula anterior. El parametre k'' és 1 al no incidir ombres sobre el captador solar.

Per tant s'ha d'aplicar aquesta fórmula per obtenir la radiació efectiva sobre la placa considerant unes pèrdues del 6%:

$$R_e = R_g * 0,94$$

(12)

On:

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [MJ/(m²/dia)]

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [MJ/(m²/dia)]

Taula 2: Radiació global Rg i Radiació efectiva Re en [MJ/(m²/dia)] i [kWh/(m²/dia)]

	Radiació global Rg [MJ/(m² dia)]	Radiació efectiva Re [MJ/(m² dia)]	Radiació global Rg [kWh/(m² dia)]	Radiació efectiva Re [kWh/(m² dia)]
Gener	13,14	12,35	3,65	3,43
Febrer	15,32	14,40	4,26	4,00
Març	17,86	16,79	4,96	4,66
Abril	19,43	18,26	5,40	5,07
Maig	19,87	18,68	5,52	5,19
Juny	19,86	18,67	5,52	5,19
Juliol	20,00	18,80	5,56	5,22
Agost	20,02	18,82	5,56	5,23
Setembre	19,03	17,89	5,29	4,97
Octubre	16,72	15,72	4,64	4,37
Novembre	14,13	13,28	3,93	3,69
Desembre	12,53	11,78	3,48	3,27
Mitja	17,33	16,29	4,81	4,52

Càlcul energia demandada per cobrir les necessitats d'ACS

(13)

$$E_d = D_{\text{demanda}} * C_p * \Delta T$$

On:

E_d = Energia demandada en [kWh/dia]D_{demanda} = Demanda d'ACS [litres · dia]C_p = calor específica de l'aigua 4,187 kJ/(Kg K)

ΔT = diferència entre la temperatura de l'aigua de consum T_c i l'aigua subministrada per la xarxa T_x (salt tèrmic)

Per conèixer la temperatura de l'aigua distribuïda a Castellbisbal, s'han d'adaptar les temperatures de l'aigua en la capital de província (Barcelona) a la població de Castellbisbal. La fórmula i les temperatures en la capital de província, s'extreuen del CTE.

Taula 3: Fragment de la Taula B.1 amb les dades de temperatura mitja mensual d'aigua freda °C. Font CTE DB-HE

Tabla B.1 Temperatura diaria media mensual de agua fria (°C)												
Capital de provincia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
A Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alacant	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao/Bilbo	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón/Castelló	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11

(14)

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B * A_Z$$

On:

 T_{AFY} = Temperatura aigua freda en la localitat a estudiar T_{AFCP} = Temperatura aigua freda en la capital de província

B = Paràmetre amb valor 0,0066 els mesos d'octubre a març i amb valor 0,0033 els mesos d'abril a setembre.

 A_Z = Altura en que es situa la localitat a estudiar

Taula 4: Temperatura de l'aigua freda distribuïda a Barcelona i Castellbisbal en °C Font: CTE DB-HE

	Temperatura aigua freda província °C	Temperatura aigua freda Castellbisbal Tx°C
Gener	9,0	8,1
Febrer	10,0	9,1
Març	11,0	10,1
Abril	12,0	11,6
Maig	14,0	13,6
Juny	17,0	16,6
Juliol	19,0	18,6
Agost	19,0	18,6
Setembre	17,0	16,6
Octubre	15,0	14,1
Novembre	12,0	11,1
Desembre	10,0	9,1
Mitja	13,8	13,1

Taula 5: Energia demandada per a generar ACS a 60 °C Ed en [kWh/dia] i [kWh/mes]

	Temperatura agua de consum Tc °C	Temperatura aigua de la xarxa Tx °C	ΔT= Tc-Tx °C	Consum mensual d'ACS [litres]	Energia demandada Ed [kWh/dia]	Energia demandada Ed [kWh/mes]
Gener	60	8,10	52	3472	6,76	209,58
Febrer	60	9,10	51	3136	6,63	185,65
Març	60	10,10	50	3472	6,50	201,50
Abril	60	11,60	48	3360	6,30	189,14
Maig	60	13,60	46	3472	6,04	187,37
Juny	60	16,60	43	3360	5,65	169,60
Juliol	60	18,60	41	3472	5,39	167,18
Agost	60	18,60	41	3472	5,39	167,18
Setembre	60	16,60	43	3360	5,65	169,60
Octubre	60	14,10	46	3472	5,98	185,35
Novembre	60	11,10	49	3360	6,37	191,09
Desembre	60	9,10	51	3472	6,63	205,54
Mitja	60	13,1	47	3407	6,11	185,82
					TOTAL anual kWh	2228,79

Càlcul rendiment de les plaques escollides

(15)

$$\eta = C_0 - (C_1 + C_2 * \Delta T') * \left(\frac{\Delta T'}{I_s} \right) \text{ amb } \Delta T' = \frac{T_x + T_c}{2} - T_a \text{ i } I_s = \frac{R_e}{H_{sol}}$$

On:

η = el rendiment del captador solar escollit

C_0 = Coeficient de rendiment òptic propi del captador escollit

C_1 =Coeficient de pèrdues tèrmiques propi del captador escollit

C_2 = Coeficient quadràtic de pèrdues tèrmiques propi del captador escollit

$\Delta T'$ = és la temperatura mitja del menys ΔT menys la temperatura ambient T_a

I_s = Intensitat de la radiació efectiva resultat de dividir la radiació efectiva R_e entre les hores de sol H_{sol}

Les temperatures diàries i les hores de sol que s'utilitzen pel càlcul són les que corresponen a la capital de província (Barcelona). Aquestes dades s'extreuen del quadern pràctic número 3 de la Generalitat de Catalunya titulat: *Energia solar tèrmica*.

Taula 6: Temperatura mitja diària a la província de Barcelona i hores de llum solar a Catalunya. Font: Institut Català de Meteorologia Quadern pràctic número 3 titulat "Energia solar Tèrmica" Generalitat de Catalunya

Mes	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Lleida	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8
Tarragona	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12
Girona	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10
Barcelona	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12

Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

Taula 7: Dades i càlculs necessaris per calcular el rendiments dels captadors solars escollits

	Ta (°C)	Tx (°C)	Tc (°C)	$\Delta T = ((T_x + T_c)/2) - T_a$	Hsol [hores]	Is=Re/Hsol [w/m ²]	Rendiment = $\eta = C_0 - (C_1 + C_2 * \Delta T) * (\Delta T / I_s)$
Gener	11,0	8,1	60	23,1	7,5	457,47	0,598
Febrer	12,0	9,1	60	22,6	8	500,03	0,619
Març	14,0	10,1	60	21,1	9	518,16	0,638
Abril	17,0	11,6	60	18,8	9,5	534,04	0,661
Maig	20,0	13,6	60	16,8	9,5	546,13	0,679
Juny	24,0	16,6	60	14,3	9,5	545,86	0,698
Juliol	26,0	18,6	60	13,3	9,5	549,71	0,706
Agost	26,0	18,6	60	13,3	9,5	550,26	0,706
Setembre	24,0	16,6	60	14,3	9	552,10	0,699
Octubre	20,0	14,1	60	17,1	9	485,09	0,661
Novembre	16,0	11,1	60	19,6	8	461,19	0,631
Desembre	12,0	9,1	60	22,6	7	467,39	0,606
Mitja	18,5	13,1	60	18,0	8,75	513,95	0,659
C0= 0,801 C1=3,761 W(m² k) C2=0,012 w(m² k)							

Càlcul de l'energia absorbida pel captador solar

Coneixent el rendiment del captador i la radiació solar efectiva que incideix sobre aquest, es pot calcular la radiació solar aprofitada pel captador R_c .

(16)

$$R_c = R_e * \eta$$

On:

R_c = Radiació solar aprofitada pel captador [kWh/(m² dia)]

R_e = Radiació efectiva que incideix sobre una superfície [[kWh /(m²/dia)]

η = el rendiment del captador solar escollits

Taula 8: Radiació solar aprofitada pels captadors en [[kWh /(m²/dia)]

	Radiació efectiva R_e [kWh/(m ² dia)]	Rendiment = $\eta = C_0 - (C_1 + C_2 * \Delta T) * (\Delta T / I_s)$	Radiació aprofitada pel captador solar R_c [kWh/(m ² dia)]
Gener	3,43	0,597	2,05
Febrer	4,00	0,619	2,48
Març	4,66	0,638	2,97
Abril	5,07	0,661	3,35
Maig	5,19	0,679	3,52
Juny	5,19	0,698	3,62
Juliol	5,22	0,706	3,69
Agost	5,23	0,706	3,69
Setembre	4,97	0,699	3,47
Octubre	4,37	0,661	2,89
Novembre	3,69	0,631	2,33
Desembre	3,27	0,606	1,98
Mitja	4,52	0,659	3,00

Càlcul de la radiació solar aprofitada pel sistema d'ACS

Aquesta radiació és l'energia que aprofita realment el sistema d'ACS ja que té en compte les pèrdues produïdes en tota la instal·lació. Es consideren unes pèrdues del 30% sent el rendiment de la instal·lació d'un 70%.

Taula 9: Radiació aprofitada pel sistema considerant un rendiment del 70%

	Radiació aprofitada pel captador solar Rc [kWh/(m ² dia)]	Radiació aprofitada pel Sistema solar Rs [kWh/(m ² dia)]	Radiació aprofitada pel Sistema solar Rs [kWh/(m ² mes)]
Gener	2,05	1,44	44,49
Febrer	2,48	1,73	48,55
Març	2,97	2,08	64,56
Abril	3,35	2,35	70,39
Maig	3,52	2,47	76,46
Juny	3,62	2,53	76,01
Juliol	3,69	2,58	80,02
Agost	3,69	2,58	80,11
Setembre	3,47	2,43	72,95
Octubre	2,89	2,02	62,68
Novembre	2,33	1,63	48,94
Desembre	1,98	1,39	43,06
Mitja	3,00	2,10	64,02
		TOTAL anual kWh/m²	768,21

Càlcul de la superfície necessària de captadors solars

Amb la següent fórmula es determina quina superfície de captadors solars fa falta cada mes per cobrir la demanda d'ACS:

$$S = \frac{f * E_d}{R_s} \quad (17)$$

On:

S= és la superfície en m² de captadors solars tèrmics per cobrir el 100% de les necessitats d'ACS

f= és el factor de cobertura solar amb valors compresos entre [0 , 1]

E_d= Energia demandada en [kWh/dia]



R_s = radiació solar aprofitada pel sistema [kWh/(m² dia)]

Taula 9: Superfície de captació necessària en m² per cobrir el 100% de la demanda d'ACS

	Energia demandada E_d [kWh/dia]	Radiació aprofitada pel Sistema solar R_s [kWh/(m ² dia)]	$S = (f \cdot E_d) / R_s$ [m ²]
Gener	6,76	1,44	4,71
Febrer	6,63	1,73	3,82
Març	6,50	2,08	3,12
Abril	6,30	2,35	2,69
Maig	6,04	2,47	2,45
Juny	5,65	2,53	2,23
Juliol	5,39	2,58	2,09
Agost	5,39	2,58	2,09
Setembre	5,65	2,43	2,32
Octubre	5,98	2,02	2,96
Novembre	6,37	1,63	3,91
Desembre	6,63	1,39	4,77
Mitja	6,11	2,10	2,70

Amb els resultats obtinguts en la taula 9, es determina que es necessita una superfície de captadors comprés entre [2,09 i 4,77]. Per les dimensions dels captadors Vaillant escollits, es podran instal·lar 1 o 2 captadors.

Per determinar el número de captadors a instal·lar i tenir la menor quantitat de mesos amb sobreproducció d'energia, complint amb el CTE, es procedeix a calcular el percentatge de cobertura solar f cobert amb 1 o 2 captadors.

(18)

$$f(\%) = \frac{N_{\text{captadors}} * S_{\text{captador}} * R_s}{E_d} * 100$$

On:

$f(\%)$ = Percentatge de cobertura solar d'ACS de la instal·lació solar

E_d = Energia demandada en [kWh/dia]

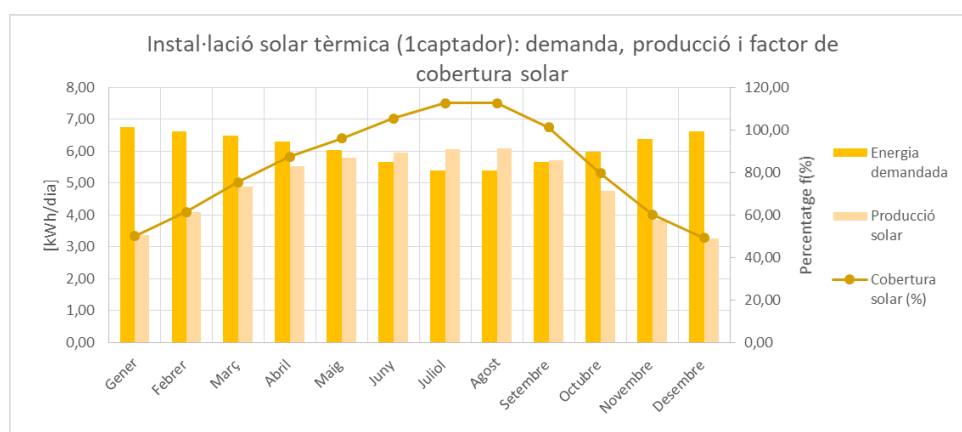
$N_{\text{captadors}}$ = número de captadors que formen el sistema

$S_{\text{captadors}}$ = Superfície d'un captador en [m²]

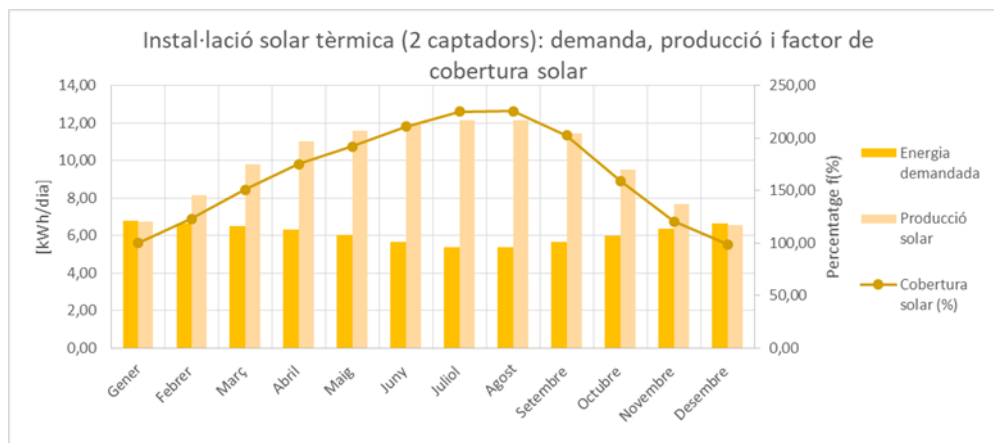
R_s = radiació solar aprofitada pel sistema [kWh/(m² dia)]

Taula 10: Factor de cobertura mensual i anual amb 1 i 2 captadors Vaillant model auro THERM VFRK 135 VD de S=2,352 m²

	Factor de cobertura solar amb 1 captador [%]	Factor de cobertura solar amb 2 captadors [%]
Gener	49,93	99,86
Febrer	61,50	123,01
Març	75,35	150,71
Abril	87,53	175,06
Maig	95,98	191,95
Juny	105,41	210,82
Juliol	112,58	225,16
Agost	112,71	225,42
Setembre	101,17	202,34
Octubre	79,54	159,07
Novembre	60,23	120,47
Desembre	49,27	98,54
Factor de cobertura anual [%]	82,60	165,20



Gràfic 1: Demanda d'ACS, producció solar i factor de cobertura amb 1 captador solar



Gràfic 2: Demanda d'ACS, producció solar i factor de cobertura amb 2 captadors solars

Taula 11: producció energètica obtinguda amb 1 i 2 captadors Vaillant model auro THERM VFRK 135 VD

1 Captador solar Vaillant AURO therm VFK 135VD													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL
S1 [m²]	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	
f1 [%] amb S1	49,93%	61,50%	75,35%	87,53%	95,98%	105,41%	112,58%	112,71%	101,17%	79,54%	60,23%	49,27%	82,60%
Qsol1 [KWh/dia]	3,38	4,08	4,90	5,52	5,80	5,96	6,07	6,08	5,72	4,76	3,84	3,27	
Qsol1 [KWh/mes]	104,6	114,2	151,8	165,6	179,8	178,8	188,2	188,4	171,6	147,4	115,1	101,3	1806,84

2 Captadors solars Vaillant AURO therm VFK 135VD													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	TOTAL
S2 [m²]	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	4,704	
f2 [%] amb S2	99,86%	123,01%	150,71%	175,06%	191,95%	210,82%	225,16%	225,42%	202,34%	159,07%	120,47%	98,54%	165,20%
Qsol2 [KWh/dia]	6,75	8,16	9,80	11,04	11,60	11,92	12,14	12,16	11,44	9,51	7,67	6,53	
Qsol2 [KWh/mes]	209,28	228,36	303,68	331,10	359,66	357,55	376,42	376,85	343,18	294,85	230,20	202,55	3613,67

Es determina que per tal de no tenir masses mesos amb sobreproducció d'ACS i complir amb el CTE, s'instal·larà únicament 1 captador solar tèrmic Vaillant AURO therm VFK.

Taula 12: Excel utilitzat per realitzar els càlculs de la instal·lació solar tèrmica d'ACS

	Mes	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre		
Radiació global	Rg [MJ/(m² dia)]	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53		
	Rg [KWh/(m² dia)]	3,65	4,26	4,96	5,40	5,52	5,52	5,56	5,56	5,29	4,64	3,93	3,48		
Temp. Ambient	Ta [°C]	11,00	12,00	14,00	17,00	20,00	24,00	26,00	26,00	24,00	20,00	16,00	12,00		
Temp. Xarxa	Tx [°C]	8,10	9,10	10,10	11,60	13,60	16,60	18,60	18,60	16,60	14,10	11,10	9,10		
Temp. Consum	Tc [°C]	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00		
Temp. Mitja captador	Tm [°C] = (Tx+Tc)/2	34,05	34,55	35,05	35,80	36,80	38,30	39,30	39,30	38,30	37,05	35,55	34,55		
Salt tèrmic	ΔT [°C] = Tc-Tx	51,90	50,90	49,90	48,40	46,40	43,40	41,40	41,40	43,40	45,90	48,90	50,90		
Temperatura instal·lació	ΔT' [°C] = Tm-Ta	23,05	22,55	21,05	18,80	16,80	14,30	13,30	13,30	14,30	17,05	19,55	22,55		
Hores llum	h [hores]	7,50	8,00	9,00	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,00	9,00	8,00	7,00		
Radiació efectiva	Re [KWh/(m²dia)]	3,43	4,00	4,66	5,07	5,19	5,19	5,22	5,23	4,97	4,37	3,69	3,27		
	Re [KWh/(m²2mes)]	106,36	112,01	144,57	152,20	160,84	155,57	161,89	162,05	149,07	135,34	110,69	101,42		
Intensitat radiació	Is [W/m²]	457,47	500,03	518,16	534,04	546,13	545,86	549,71	550,26	552,10	485,09	461,19	467,39		
Rendiment captador	Rendiment captador [%]	0,598	0,619	0,638	0,661	0,679	0,698	0,706	0,706	0,699	0,662	0,632	0,606		
Radiació aprofitada captador solar	Rc [KWh/(m² dia)]	2,05	2,48	2,98	3,35	3,52	3,62	3,69	3,69	3,47	2,89	2,33	1,98		
	Rc [KWh/(m² mes)]	63,56	69,35	92,23	100,55	109,22	108,58	114,32	114,45	104,22	89,54	69,91	61,51		
Radiació aprofitada sistema	Rs [KWh/(m²2dia)]	1,44	1,73	2,08	2,35	2,47	2,53	2,58	2,58	2,43	2,02	1,63	1,39		
	Rs [KWh/(m²2mes)]	44,49	48,55	64,56	70,39	76,46	76,01	80,02	80,11	72,95	62,68	48,94	43,06	768,21	[KWh/(m²2/any)]
Energia demandada	Ed [KWh/dia]	6,76	6,63	6,50	6,30	6,04	5,65	5,39	5,39	5,65	5,98	6,37	6,63		
	Ed [KWh/mes]	209,58	185,65	201,50	189,14	187,37	169,60	167,18	167,18	169,60	185,35	191,09	205,54	2228,79	[KWh/any]
Superf. 100% captació	Sc (f=100%) [m²]	4,7107	3,82	3,12	2,69	2,45	2,23	2,09	2,09	2,32	2,96	3,90	4,77		
Dies del mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		

Dimensionament de l'acumulador d'ACS

Segons el CTE l'acumulador d'ACS a escollir, ha de complir amb la següent fórmula:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (19)$$

On:

V = la capacitat de l'acumulador en litres

A= la superfície del camp de captadors solars

S'escull un acumulador amb capacitat de 300L complint amb la fórmula anterior **$300/2,352 = 127,55$**
OK.

3. Instal·lació d'aerotèrmia

L'equip d'aerotèrmica, s'escull utilitzant com a referència l'aplicació online del fabricant Saunier Dubai dissenyada específicament amb el propòsit de dimensionar els equips d'aerotèrmia. Amb la potència proposada per aquesta aplicació, s'ha escollit un equip d'aerotèrmia de la marca Daikin de la mateixa potència per amb millors rendiments COP i EER.

Procediment per comprovar si l'equip escollit utilitza energies renovables

En la directiva 2009/28/CE, s'especifica que un equip d'aerotèrmia només es considerarà que utilitza fonts d'energia renovable si obté un valor SPF $\geq 2,5$.

$$SPF = COP_{nominal} * FP * FC \quad (20)$$

$$SPF = 5,05 * 0,80 * 1 = 4,04 > 2,5 \text{ OK} \quad (21)$$

On:

SPF= factor de rendiment estacional estimatiu

FP= Factor de ponderació

FC= factor corrector

El factor de ponderació i el factor corrector, utilitzant les taules proporcionades en el document elaborat per l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía*) titulat (*Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor en edificios*). Aquestes taules assignen els factors FP i FC segons la zona climàtica, font energètica de la bomba i temperatura de condensació.

Taula 13: Factor de ponderació FP segons zona climàtica i font d'energia

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Taula 14: Factor de correcció FP segons temperatura calefacció

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Càlcul del rendiment del sistema distribució de calefacció i ACS

Conegut el consum real d'energia de l'actual sistema de calefacció per terra radiant utilitzant una caldera de gas natural i coneixent el rendiment d'aquest equip, es determina que en el sistema de distribució de calefacció es produeixen pèrdues energètiques i per calcular el seu rendiment s'utilitza la següent fórmula.

$$C_{\text{consum real}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}} \quad (22)$$

On:

$C_{\text{consum real}}$ = consum de combustible utilitzat en kWh/any

$\eta_{\text{generador}}$ = rendiment del generador tèrmic actualment instal·lat

$\eta_{\text{sistema distribució}}$ = rendiment del sistema de distribució de calefacció/refrigeració i ACS

$D_{\text{demanda prevista}}$ = demanda energètica prevista amb el programa CE3X en kWh/any

Dades:

Rendiment mig de la caldera atmosfèrica actual, ROCA Laura 30/30F = 85,6%

$C_{\text{consum real}} = 19290,3$ [kWh/any]

$D_{\text{demanda prevista}} = 13011$ [kWh/any]

$$C_{\text{consum real}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}} \quad (23)$$

$$19290,3 * (0,856 * \eta_{\text{sistema distribució}}) = 13011 \rightarrow \eta_{\text{sistema distribució}} = 0,7879 = 78,79\% \quad (24)$$

Es determina que el rendiment del sistema de distribució de calefacció és del 78,79%.

Càlcul del consum elèctric previst per l'equip d'aerotèrmia

Coneixent la demanda energètica de l'edifici nZEB obtinguts a partir del programa CE3X, el rendiment COP i EER del equip d'aerotèrmia i el rendiment del sistema de distribució de calefacció, es pot calcular el consum elèctric previst d'aquest equip.

Es recorda que el sistema de distribució de calefacció per terra radiant que s'utilitza, és l'existent a l'edifici actual i per aquest motiu s'ha de tenir en compte el seu rendiment.

(25)

$$C_{\text{consum previst}} * (\eta_{\text{generador}} * \eta_{\text{sistema distribució}}) = D_{\text{demanda prevista}}$$

On:

$C_{\text{consum previst}}$ = consum elèctric previst del equip d'aerotèrmia kWh/any

$\eta_{\text{generador}}$ = rendiment del generador tèrmic (equip d'aerotèrmia)

$\eta_{\text{sistema distribució}}$ = rendiment del sistema de distribució de calefacció/refrigeració i ACS

$D_{\text{demanda prevista}}$ = demanda energètica prevista amb el programa CE3X en kWh/any

Consum elèctric previst per calefacció i ACS.

Dades:

$\eta_{\text{generador}}$ rendiment equip d'aerotèrmia Daikin bomba de calor model ERLQ004CV3 :

- Calefacció i ACS: COP=5,04
- Refrigeració: EER=3,37

$\eta_{\text{sistema distribució}}$: 78,79%

$D_{\text{demanda prevista}}$:

- Calefacció i ACS = 2640,45 kWh/any
- Refrigeració = 789,22 kWh/any

(26)

$$C_{onsum\ previst} * (5,04 * 0,7879) = 2640,45 \rightarrow C_{onsum\ previst} = \mathbf{664,93\ kWh/any}$$

Es preveu que l'equip d'aerotèrmia consumirà 664.93 kWh/any per cobrir el 100% de les necessitats de calefacció i el percentatge d'ACS que no pot cobrir la instal·lació solar tèrmica.

Consum elèctric previst per refrigeració

(27)

$$C_{onsum\ previst} * (5,04 * 0,7879) = 789,22 \rightarrow C_{onsum\ previst} = \mathbf{198,74\ kWh/any}$$

El consum previst per cobrir el 100% de la demanda de refrigeració de l'edifici nZEB, es preveu que sigui de **198,74 kWh/any**.

En total el consum elèctric de l'equip d'aerotèrmia s'espera que sigui de **863,67kWh/any**

4. Instal·lació solar fotovoltaica

Determinació de l'angle dels panells fotovoltaics

Al tenir un consum elèctric similar durant tot l'any, la inclinació dels panells fotovoltaics serà igual a la latitud on s'ubica la instal·lació menys 10° tal i com s'especifica en la següent taula.

Taula 15: Inclinacions òptimes de les plaques fotovoltaïques orientades al sud segons demanda Font: "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (IDAE)".

<i>Período de diseño</i>	β_{opt}
Diciembre	$\phi + 10$
Julio	$\phi - 20$
Anual	$\phi - 10$

ϕ = Latitud del lugar en grados

$$\beta_{opt} = (41,46^\circ - 10) = 31,46^\circ$$

(28)

Distància entre els panells fotovoltaics

La següent fórmula determina la separació mínima entre plaques sobre una superfície horitzontal

(29)

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

On:

d= la distància de separació entre plaques sobre una superfície horitzontal [m].

h= és la diferència d'altures entre la part alta d'una fila de plaques i la part baixa de la següent [m]

latitud= latitud geogràfica on s'instal·laran les plaques [°]

La separació entre plaques resultant és de **51cm** amb h=0,18m i latitud= $41,46^\circ$.

Càlcul radiació que incideix sobre una superfície

(30)

$$R_g = k * k' * k'' * R$$

On

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [W/(m²)]

k = factor corrector que depèn de la latitud,

k' = factor corrector a aplicar en plaques no orientades al sud i que dependrà de la orientació

k'' = factor corrector per ombres

R = Radiació incident sobre una superfície horitzontal [W/(m²)]

Amb el programa la fórmula anterior s'obté la radiació sobre una superfície horitzontal, però amb el programa PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*), es pot obtenir la radiació solar sobre una superfície inclinada directament ($R_i = k * R$).

Taula16: Radiació (incident R_i) sobre una superfície inclinada orientada 31,46° i orientada al sud W/m². Font: PVGIS

Radiació incident sobre una superfície inclinada R_i (W/m ²)												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	8,33	36,75	50,50	39,75	20,67	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	37,25	86,25	125,75	142,25	130,00	102,75	53,25	8,25	0,00	0,00
7	26,75	98,50	207,25	247,75	294,25	317,50	311,75	280,25	214,50	139,50	44,50	5,50
8	217,25	303,75	413,00	424,75	470,50	499,25	504,75	472,25	405,75	332,00	236,00	194,25
9	392,75	488,00	595,50	580,00	624,50	657,50	675,50	641,25	576,50	503,50	403,75	365,00
10	520,75	625,50	731,00	695,00	738,75	775,25	803,25	767,25	704,25	630,75	527,75	488,25
11	594,50	705,75	809,00	761,50	804,50	843,25	877,75	840,00	778,50	703,75	598,75	558,75
12	609,25	722,00	825,00	774,75	817,75	856,75	893,00	854,50	793,25	718,50	613,25	573,25
13	564,75	673,25	777,50	734,75	778,00	816,00	847,75	810,75	748,75	674,25	570,25	530,25
14	463,25	563,50	670,00	643,25	687,25	722,00	745,50	710,25	646,50	573,50	472,00	433,00
15	310,75	400,50	509,00	506,50	551,75	582,75	594,50	561,25	495,50	422,25	324,25	285,75
16	110,50	202,50	310,75	337,25	383,75	409,75	409,25	377,25	310,50	236,25	139,50	78,00
17	0,00	22,75	110,75	161,25	206,25	226,75	216,50	186,25	125,00	51,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	4,00	32,75	69,50	82,75	71,00	48,00	11,75	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	37,50	34,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Amb aquestes dades, es pot utilitzar la següent fórmula amb $k'=1$:

(31)

$$R_g = k' * k'' * R_i$$

On: R_i és la radiació incident sobre una superfície inclinada un cert angle (31,46°)

Abans d'aplicar aquesta fórmula, s'ha de calcular el paràmetre k'' d'ombres seguint el següent procediment:

(32)

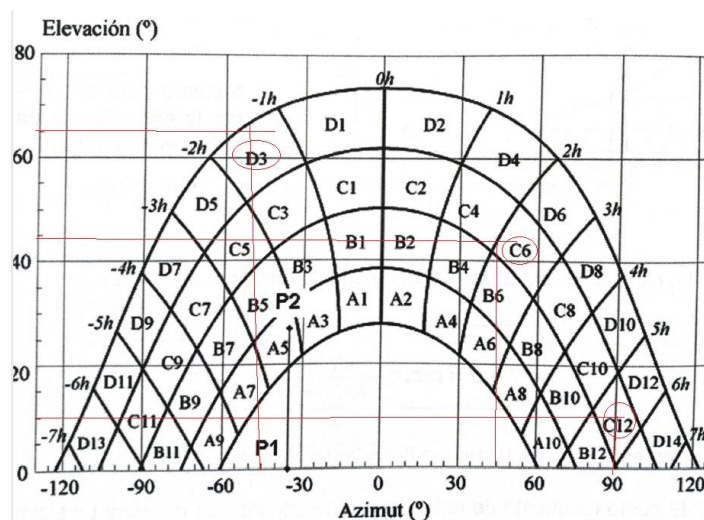
$$k'' = 1 - \left(\sum f_n * X_n \right)$$

On :

f_0 = és el factor d'ompliment que pren valors 0,25; 0,50 i 0,75

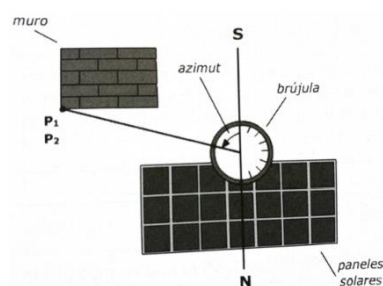
X: és el valor corresponent al factor de pèrdues establertes segons taules.

Per trobar poder obtenir els valors de X, s'ha d'utilitzar el següent gràfic.



Gràfic 3: Determinació de les pèrdues per ombres

Respecte el centre de la instal·lació, s'ha de determinar la situació dels obstacles especificant l'elevació i l'azimut de cadascun dels obstacles en el gràfic anterior.



Imatge 1: Determinació de la localització de l'obstacle. Font: llibre "Energia solar fotovoltaica"

L'azimut de l'obstacle es determina des del punt central de la instal·lació, es localitzen els obstacles i es marca l'angle azimut respecte l'eix sud-nord. Sent els angles situats a l'est negatius i positius els situats a l'oest

L'elevació de l'obstacle es calcula amb la següent fórmula:

(33)

$$elevació = \arctg \left(\frac{\text{altura}}{\text{distància}} \right)$$

Utilitzant l'altura del objecte i la distància entre l'objecte i la distància entre l'objecte i les plaques.

Obtinguts els valors d'elevació i azimut, es marquen les corresponents línies sobre el gràfic i depenent d'on coincideixen les línies marcades, s'obté la lletra D, C o B i el corresponent número. Les lletres i números obtinguts serveixen per obtenir el valor X que s'ha de consultar en les taules de referència.

La taula a utilitzar és aquella en que coincideix o s'aproxima amb la inclinació de les plaques:

Taula 17: taula 5-A corresponent a una inclinació de plaques 35° i orientació sud 0° extret del llibre titulat "Energia solar fotovoltaica"

Taula 5 - A

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Segons la porció de quadre ocupat per les línies marcades en el gràfic 3, a cada valor X obtingut en la taula 17, es multiplica per 0,25 (ocupació del quadre ¼), 0,5 (ocupació del quadre ½) o per 0,75 (ocupació del quadre ¾).

Amb totes les dades el factor d'ombres k'' resultant és de:

(34)

$$k'' = 1 - \left(\sum f_n * X_n \right) = 0,942$$

Aplicant la fórmula 36, amb $k_1=1$ (instal·lació orientada al sud) i $k''=0,942$, s'obtenen els següents valors de radiació global sobre les plaques inclinades:

Taula 18: Radiació global incident (R_g) sobre una superfície inclinada orientada $31,46^\circ$ i orientada al sud W/m^2

Radiació global incident sobre una superfície inclinada R_g (W/m^2)												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	7,85	34,62	47,57	37,44	19,47	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	35,09	81,25	118,46	134,00	122,46	96,79	50,16	7,77	0,00	0,00
7	25,20	92,79	195,23	233,38	277,18	299,09	293,67	264,00	202,06	131,41	41,92	5,18
8	204,65	286,13	389,05	400,11	443,21	470,29	475,47	444,86	382,22	312,74	222,31	182,98
9	369,97	459,70	560,96	546,36	588,28	619,37	636,32	604,06	543,06	474,30	380,33	343,83
10	490,55	589,22	688,60	654,69	695,90	730,29	756,66	722,75	663,40	594,17	497,14	459,93
11	560,02	664,82	762,08	717,33	757,84	794,34	826,84	791,28	733,35	662,93	564,02	526,34
12	573,91	680,12	777,15	729,81	770,32	807,06	841,21	804,94	747,24	676,83	577,68	540,00
13	531,99	634,20	732,41	692,13	732,88	768,67	798,58	763,73	705,32	635,14	537,18	499,50
14	436,38	530,82	631,14	605,94	647,39	680,12	702,26	669,06	609,00	540,24	444,62	407,89
15	292,73	377,27	479,48	477,12	519,75	548,95	560,02	528,70	466,76	397,76	305,44	269,18
16	104,09	190,76	292,73	317,69	361,49	385,98	385,51	355,37	292,49	222,55	131,41	73,48
17	0,00	21,43	104,33	151,90	194,29	213,60	208,94	175,45	117,75	48,04	0,00	0,00
18	0,00	0,00	3,77	30,85	65,47	77,95	66,88	45,22	11,07	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	28,26	35,33	32,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Càlcul radiació efectiva

Els instal·ladors normalment apliquen un factor de pèrdues del 6% que correspon a l'envel·liment de les instal·lacions, brutícia... Aplicant aquest factor s'obté la radiació efectiva.

(35)

$$R_e = R_g * 0,94$$

On:

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [$W/(m^2)$]

R_g = Radiació global que incideix sobre una superfície [$W/(m^2)$]

Taula 19: Radiació efectiva (R_e) sobre una superfície inclinada orientada $31,46^\circ$ i orientada al sud W/m^2

Radiació efectiva incident sobre una superfície inclinada R_e (W/m^2)												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	7,38	32,54	44,72	35,20	18,30	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	32,98	76,37	111,35	125,96	115,11	90,98	47,15	7,31	0,00	0,00
7	23,69	87,22	183,52	219,38	260,55	281,14	276,05	248,16	189,94	123,52	39,40	4,87
8	192,37	268,96	365,70	376,11	416,62	442,08	446,95	418,17	359,28	293,98	208,97	172,00
9	347,77	432,11	527,30	513,58	552,98	582,20	598,14	567,81	510,48	445,84	357,51	323,20
10	461,11	553,87	647,29	615,41	654,15	686,47	711,26	679,38	623,60	558,52	467,31	432,34
11	526,42	624,93	716,35	674,29	712,37	746,68	777,23	743,80	689,35	623,16	530,18	494,76
12	539,48	639,32	730,52	686,03	724,10	758,63	790,73	756,64	702,41	636,22	543,02	507,60
13	500,07	596,15	688,46	650,61	688,90	722,55	750,67	717,90	663,00	597,03	504,94	469,53
14	410,20	498,97	593,27	569,59	608,55	639,32	660,13	628,91	572,46	507,82	417,95	383,41
15	275,16	354,63	450,71	448,50	488,56	516,01	526,42	496,98	438,76	373,89	287,12	253,03
16	97,85	179,31	275,16	298,63	339,80	362,83	362,38	334,05	274,94	209,19	123,52	69,07
17	0,00	20,14	98,07	142,78	182,63	200,78	191,71	164,92	110,69	45,16	0,00	0,00
18	0,00	0,00	3,54	29,00	61,54	73,27	62,87	42,50	10,40	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	26,56	33,21	30,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R_e (W/m^2 dia)	224,94	283,71	354,19	353,84	390,75	414,39	422,33	393,90	346,16	294,78	232,00	207,32

Càlcul de la potència generada per les plaques

Tot i que la màxima potència P_p que pot generar una placa fotovoltaica s'obté amb la multiplicació de la corrent I_{MP} i V_{MP} , és molt complex calcular aquest dos valors ja és el regulador l'encarregat de variar-los constantment per obtenir P_p en cada moment. És per això que es realitzarà aquesta aproximació:

$$P_p = V_{MP} * I_{MP} \approx P_p = \frac{I_{SC} * V_{OC}}{I_{SC(STC)} * V_{OC(STC)}} \quad (36)$$

On:

P_p = potència màxima que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica

V_{MP} = tensió en que s'assoleix la màxima potència P_p

I_{MP} = corrent en que s'assoleix la màxima potència P_p

V_{OC} = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en unes condicions determinades de radiació i temperatura [V]

$V_{OC(STC)}$ = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^\circ C$)

I_{SC} = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en unes condicions determinades de radiació i temperatura en [A]

$I_{SC(STC)}$ = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^\circ C$)

Realitzant aquesta aproximació, el càlcul de V_{OC} i I_{SC} es realitza amb les següents fórmules:

$$I_{SC} = I_{SC(STC)} * \frac{R_e}{R_{STC}} * (1 + \alpha * (T_c - T_{c(STC)})) \quad (37)$$

I_{SC} = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en unes condicions determinades de radiació i temperatura en [A]

$I_{SC(STC)}$ = és el màxim corrent que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a tensió nul·la, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000W/m^2$ i $T_c=25^\circ C$)

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [Wh/m²]

$R_{e(STC)}$ = Radiació efectiva fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000\text{W/m}^2$)

α = coeficient de temperatura I_{sc} de la placa

T_c = la temperatura del captador en [°C] (similar a la temperatura ambient)

$T_{c(STC)}$ = la temperatura del captador en [°C] test estàndard (STC) ($T_{c(STC)}=25^\circ\text{C}$)

(38)

$$V_{oc} = V_{oc(STC)} * \left(1 + \beta * (T_c - T_{c(STC)}) \right) * \left(1 - 0,04 * \left(\ln \left(\frac{R_e}{R_{STC}} \right) \right)^2 \right)$$

V_{oc} = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en unes condicions determinades de radiació i temperatura. [V]

$V_{oc(STC)}$ = és la màxima tensió que pot entregar una cèl·lula fotovoltaica a corrent nul, en les condicions fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000\text{W/m}^2$ i $T_c=25^\circ\text{C}$)

R_e = Radiació efectiva considerant pèrdues del 6% que incideix sobre una superfície [Wh/m²]

$R_{e(STC)}$ = Radiació efectiva fixades en el test estàndard (STC) ($R=1000\text{W/m}^2$)

β = coeficient de temperatura V_{oc} de la placa

T_c = la temperatura del captador en [°C] (similar a la temperatura ambient)

$T_{c(STC)}$ = la temperatura del captador en [°C] test estàndard (STC) ($T_{c(STC)}=25^\circ\text{C}$)

Les temperatures que s'utilitzen en l'ús d'aquestes fórmules també s'extreu del PVGIS sent les següents:

Taula 20: Temperatura ambient – plaques fotovoltaïques °C. Font: PVGIS

HORA (h)	Temperatura del captador (°C)											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,3	-0,3	3,4	8,5	13,0	17,5	20,6	19,2	14,5	10,3	5,0	0,5
6	0,9	0,9	4,7	9,8	14,6	19,0	21,8	20,4	15,8	11,6	6,1	1,2
7	2,4	3,3	7,4	12,0	16,2	20,6	23,2	22,2	18,2	14,1	8,2	2,7
8	4,4	6,0	10,4	14,4	17,9	22,1	24,7	24,2	20,8	16,8	10,8	4,8
9	6,6	8,4	12,7	16,3	19,5	23,6	26,2	25,9	22,7	18,9	12,9	7,1
10	8,8	10,0	14,0	17,4	20,9	25,0	27,5	27,1	23,7	20,0	14,5	9,5
11	10,6	11,2	14,6	17,9	21,8	25,9	28,6	27,9	24,1	20,6	15,5	11,6
12	12,0	12,0	14,9	18,1	22,3	26,4	29,1	28,3	24,2	20,9	16,1	13,1
13	12,7	12,4	15,0	18,0	22,1	26,3	29,2	28,2	24,3	21,1	16,5	13,7
14	12,5	12,3	14,9	17,7	21,5	25,8	28,8	27,8	24,1	20,9	16,3	13,4
15	11,4	11,4	14,3	17,1	20,7	25,0	28,0	27,1	23,6	20,1	15,3	12,0
16	9,6	9,8	13,3	16,2	19,6	24,0	26,9	26,3	22,8	18,7	13,6	9,8
17	7,5	7,9	12,0	15,3	18,6	22,9	25,8	25,4	21,8	17,1	11,7	7,4
18	5,6	6,2	10,8	14,3	17,5	21,8	24,6	24,3	20,8	15,8	10,0	5,3
19	4,6	5,3	10,0	13,6	16,8	21,1	23,9	23,7	20,2	15,1	9,2	4,3

Aplicant la fórmula 37, s'obtenen els corrents I_{sc} :

Taula 21: Corrents de curtcircuit I_{sc} [A]

HORA (h)	Corrent de curtcircuit I_{sc} [A]											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	0,07	0,32	0,44	0,34	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,32	0,74	1,09	1,23	1,13	0,89	0,46	0,07	0,00	0,00
7	0,23	0,84	1,78	2,14	2,55	2,76	2,71	2,43	1,86	1,20	0,38	0,05
8	1,86	2,61	3,56	3,67	4,08	4,34	4,39	4,11	3,52	2,87	2,03	1,67
9	3,37	4,20	5,14	5,02	5,41	5,72	5,88	5,59	5,01	4,36	3,48	3,14
10	4,48	5,39	6,31	6,02	6,41	6,75	7,00	6,69	6,12	5,47	4,56	4,20
11	5,12	6,08	6,99	6,60	6,99	7,34	7,66	7,33	6,77	6,11	5,18	4,82
12	5,25	6,23	7,13	6,71	7,10	7,46	7,80	7,45	6,90	6,24	5,30	4,95
13	4,87	5,81	6,72	6,36	6,76	7,11	7,40	7,07	6,51	5,85	4,93	4,58
14	4,00	4,86	5,79	5,57	5,97	6,29	6,51	6,19	5,62	4,98	4,08	3,74
15	2,68	3,45	4,40	4,38	4,79	5,07	5,19	4,89	4,31	3,66	2,80	2,46
16	0,95	1,74	2,68	2,92	3,33	3,56	3,57	3,29	2,70	2,05	1,20	0,67
17	0,00	0,20	0,96	1,39	1,79	1,97	1,89	1,62	1,09	0,44	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,03	0,28	0,60	0,72	0,62	0,42	0,10	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,33	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Aplicant la fórmula 38, s'obtenen les tensions V_{oc} :

Taula 22: Tensions de curtcircuit V_{oc} [V]

HORA (h)	Tensió de circuit obert V_{oc} [V]											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,51	21,97	25,08	22,36	14,63	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	22,64	30,71	33,26	33,71	32,83	31,22	25,74	1,33	0,00	0,00
7	18,74	32,40	37,21	37,69	38,05	37,90	37,55	37,19	36,29	34,05	24,40	0,00
8	37,79	39,29	40,01	39,66	39,57	39,26	39,00	38,88	38,80	38,50	37,57	37,10
9	40,26	40,74	40,75	40,29	40,07	39,69	39,45	39,39	39,54	39,65	39,65	39,93
10	40,88	41,15	40,97	40,50	40,19	39,78	39,52	39,52	39,80	40,03	40,27	40,62
11	40,98	41,24	41,03	40,57	40,18	39,76	39,48	39,52	39,89	40,15	40,44	40,73
12	40,88	41,18	41,02	40,57	40,15	39,72	39,43	39,50	39,89	40,14	40,42	40,62
13	40,63	41,01	40,93	40,51	40,12	39,68	39,38	39,45	39,82	40,02	40,22	40,37
14	40,13	40,67	40,73	40,33	40,01	39,58	39,29	39,33	39,61	39,73	39,76	39,83
15	38,81	39,79	40,20	39,87	39,67	39,30	39,00	38,98	39,07	39,00	38,57	38,37
16	32,76	36,83	38,61	38,62	38,73	38,47	38,14	37,93	37,57	36,74	34,09	29,83
17	0,00	16,38	32,55	34,90	36,04	36,10	35,56	34,77	32,55	25,21	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	20,57	28,16	29,34	27,79	24,09	6,73	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	19,39	21,69	20,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Finalment amb els corrents I_{sc} i les tensions V_{oc} , es pot calcular la potència generada amb la fórmula 36:

Taula 23: Potència en corrent continu horària generada en un dia tipus de cada més per m^2 i potència generada per m^2 dia.
 $P_p [W/m^2]$

HORA (h)	Potència pic DC generada $[W/m^2]$											
	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	0,08	5,32	8,37	5,89	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	5,52	17,40	27,58	31,71	28,28	21,23	9,04	0,07	0,00	0,00
7	3,28	20,87	50,59	61,44	73,90	79,68	77,64	69,09	51,45	31,30	7,13	0,00
8	53,73	78,20	108,62	111,03	123,03	129,91	130,71	121,86	104,23	84,40	58,29	47,18
9	103,65	130,51	159,77	154,23	165,54	173,15	177,10	167,84	151,14	132,01	105,41	95,58
10	139,77	169,16	197,35	185,94	196,60	204,80	211,21	201,65	185,95	167,08	140,10	130,29
11	160,18	191,40	218,82	204,14	214,21	222,80	230,74	220,92	206,09	187,06	159,74	149,72
12	163,88	195,65	223,12	207,73	217,63	226,21	234,54	224,66	210,04	190,99	163,58	153,36
13	151,08	181,77	209,86	196,69	206,85	215,22	222,38	212,91	197,88	178,72	151,42	141,02
14	122,38	150,84	179,94	171,40	182,15	189,91	195,03	185,90	169,96	150,88	123,88	113,60
15	79,33	104,82	134,86	133,36	144,93	152,09	154,31	145,50	128,45	108,99	82,48	72,15
16	23,78	49,00	79,02	85,97	98,33	104,61	103,79	95,12	77,36	57,39	31,33	15,29
17	0,00	2,44	23,73	37,12	49,14	54,28	51,15	43,01	26,96	8,49	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	4,44	12,93	16,09	13,10	7,68	0,52	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	3,84	5,39	4,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La potència generada per 13 plaques (que és el número de plaques escollides finalment), s'obté aplicant la següent fórmula:

(39)

$$P_{p \text{ nplaques}} = P_p * N_{\text{plaques}} * S_{\text{total cèl·lules plaques}}$$

On

$P_{p \text{ nplaques}}$ = la potencia generada per n plaques instal·lades en [W]

N_{plaques} = al número total de plaques a instal·lar

$S_{\text{mòduls plaques}}$ = la superfície total que ocupen el conjunt de cèl·lules que formen la placa fotovoltaica

Energia generada per 13 plaques fotovoltaiques

La potència generada en cada franja horària multiplicat per 1h, és l'energia obtinguda en aquella hora $[Wh/m^2]$ per tant si es suma l'energia obtinguda cada hora, s'obté la potencia generada per dia $[kWh/dia]$ i multiplicant aquest resultat pel número de dies del més s'obté la potència generada per més $[kWh/mes]$.

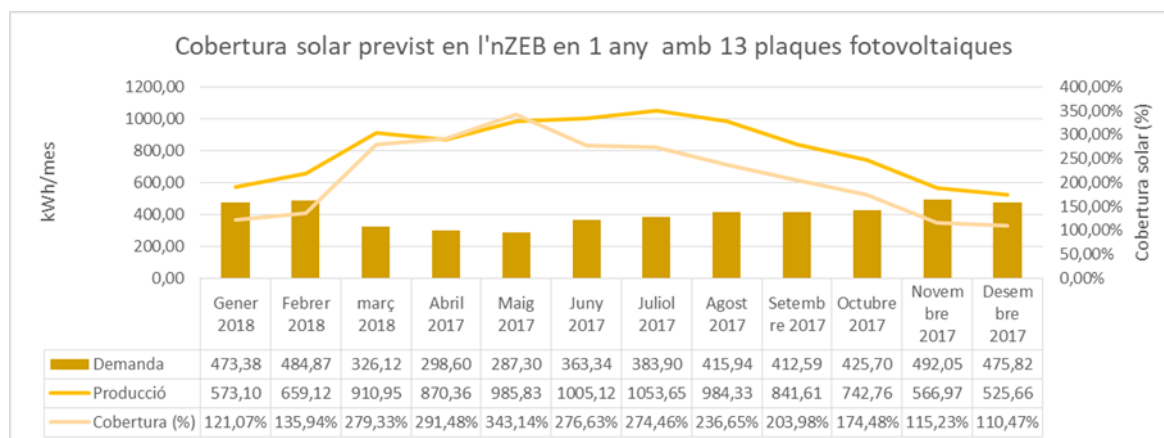
Taula 24: Energia en corrent continu DC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 13 plaques fotovoltaïques

Energia DC generada per 13 moduls plaques fotovoltaïques (18,98 m² de cèl·lules fotovoltaïques) [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,57	100,91	158,83	111,70	37,96	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	104,77	330,31	523,42	601,87	536,69	403,03	171,67	1,37	0,00	0,00
7	62,19	396,17	960,11	1166,21	1402,67	1512,23	1473,61	1311,29	976,49	594,14	135,25	0,00
8	1019,77	1484,33	2061,56	2107,31	2335,16	2465,68	2480,80	2312,96	1978,27	1601,82	1106,39	895,52
9	1967,23	2477,16	3032,44	2927,22	3142,02	3286,34	3361,30	3185,56	2868,67	2505,61	2000,74	1814,03
10	2652,89	3210,72	3745,77	3529,11	3731,52	3887,05	4008,67	3827,28	3529,34	3171,21	2659,02	2472,90
11	3040,21	3632,78	4153,22	3874,57	4065,68	4228,69	4379,47	4193,14	3911,56	3550,41	3031,93	2841,77
12	3110,47	3713,36	4234,83	3942,63	4130,62	4293,44	4451,58	4264,12	3986,54	3625,08	3104,83	2910,74
13	2867,59	3449,97	3983,21	3733,24	3926,07	4084,87	4220,71	4041,04	3755,82	3392,10	2873,96	2676,62
14	2322,83	2862,98	3415,17	3253,20	3457,20	3604,57	3701,71	3528,29	3225,76	2863,79	2351,27	2156,11
15	1505,63	1989,48	2559,57	2531,12	2750,76	2886,73	2928,71	2761,60	2438,06	2068,72	1565,52	1369,45
16	451,37	930,05	1499,82	1631,70	1866,37	1985,45	1969,97	1805,41	1468,25	1089,34	594,70	290,16
17	0,00	46,40	450,31	704,47	932,62	1030,22	970,84	816,42	511,65	161,18	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	84,26	245,43	305,37	248,60	145,68	9,94	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	72,90	102,26	87,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	19,00	24,19	30,20	29,82	32,68	34,43	34,93	32,63	28,83	24,62	19,42	17,43
Pp generada [kWh mes]	589,01	677,41	936,22	894,51	1013,18	1033,01	1082,89	1011,65	864,96	763,37	582,71	540,25

Amb l'inversor escollit el rendiment de transformació de CC a CA és de 97,3% per tant l'energia obtinguda en ACS és la següent:

Taula 25: Energia en corrent altern AC generat per la instal·lació fotovoltaica [Wh], [kWh/dia] i [kWh/mes] amb 13 plaques fotovoltaïques amb l'inversor Fronius primo model 6.0-1 rendiment 97,3%

Energia AC generada per 13 moduls plaques fotovoltaïques 18,98 m² de cèl·lules fotovoltaïques) [Wh]												
HORA (h)	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
5	0,00	0,00	0,00	1,53	98,19	154,54	108,69	36,93	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	101,94	321,39	509,29	585,62	522,20	392,15	167,04	1,34	0,00	0,00
7	60,51	385,47	934,19	1134,72	1364,80	1471,40	1433,83	1275,89	950,12	578,10	131,60	0,00
8	992,24	1444,25	2005,89	2050,42	2272,11	2399,11	2413,82	2250,51	1924,86	1558,57	1076,51	871,34
9	1914,12	2410,27	2950,57	2848,19	3057,18	3197,61	3270,55	3099,55	2791,21	2437,96	1946,72	1765,05
10	2581,26	3124,03	3644,63	3433,82	3630,76	3782,10	3900,44	3723,94	3434,05	3085,59	2587,22	2406,13
11	2958,13	3534,70	4041,08	3769,96	3955,91	4114,52	4261,23	4079,93	3805,95	3454,55	2950,06	2765,05
12	3026,49	3613,10	4120,49	3836,17	4019,10	4177,52	4331,39	4148,99	3878,91	3527,20	3021,00	2832,15
13	2790,17	3356,82	3875,67	3632,44	3820,07	3974,58	4106,75	3931,94	3654,41	3300,51	2796,36	2604,35
14	2260,12	2785,68	3322,96	3165,36	3363,86	3507,25	3601,76	3433,03	3138,66	2786,46	2287,79	2097,89
15	1464,98	1935,76	2490,47	2462,78	2676,49	2808,79	2849,64	2687,03	2372,23	2012,86	1523,25	1332,48
16	439,18	904,94	1459,32	1587,65	1815,98	1931,84	1916,78	1756,66	1428,61	1059,93	578,65	282,33
17	0,00	45,15	438,15	685,45	907,43	1002,40	944,63	794,37	497,83	156,82	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	81,98	238,80	297,12	241,89	141,75	9,67	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	70,93	99,50	85,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pp generada [kWh/dia]	18,49	23,54	29,39	29,01	31,80	33,50	33,99	31,75	28,05	23,96	18,90	16,96
Pp generada [kWh mes]	573,10	659,12	910,95	870,36	985,83	1005,12	1053,65	984,33	841,61	742,76	566,97	525,66



Gràfic 4: Percentatge d'energia cobert pel sistema solar fotovoltaic en l'edifici nZEB amb 13 plaques fotovoltaïques amb l'inversor Fronius primo model 6.0-1 rendiment 9,37%

En un any es generen 9719,46 kWh d'energia elèctrica, suficient per cobrir la demanda anual d'energia.

Càlcul del número de plaques que es poden connectar en sèrie i paral·lel

El nombre màxim de plaques fotovoltaïques en sèrie, correspon a la tensió màxima de funcionament de l'inversor $V_{(MPP) \max inv}$ dividit entre la tensió en circuit obert del mòdul en condicions estàndard a una temperatura baixa $V_{(OC) placa}$:

$$V_{oc(placa, -10^{\circ}C)} = \left(1 - 35^{\circ}C * \frac{\beta}{100}\right) * V_{oc,STC} = \left(1 - 35^{\circ}C * \frac{-0,29}{100}\right) * 40 \quad (40)$$

$$= 44,06 V$$

$$Nmàx, sèrie = \frac{V_{(MPP) \max inv}}{V_{oc(placa - 10^{\circ}C)}} = \frac{800 V}{44,06 V} = 18,15 \approx 18 \text{ plaques} \quad (41)$$

On:

$V_{oc(placa, -10^{\circ}C)}$ = és la tensió en circuit obert del mòdul en condicions estàndard a una temperatura baixa

β = característica tèrmica de la placa fotovoltaica (%/°C)

$V_{oc,STC}$ = tensió en circuit obert de la placa segons test estàndard [V]

$Nmàx, sèrie$ = número màxim de plaques en sèrie que pot suportar l'inversor

$V_{(MPP) \max inv}$ = tensió màxima de l'inversor en el punt MPP [V]

El nombre mínim de plaques fotovoltaïques en sèrie, correspon a la tensió mínima de funcionament de l'inversor $V_{(MPP) \min inv}$ dividit entre la tensió en el punt de màxima potència del mòdul en condicions estàndard a una temperatura elevada $V_{(MPP) placa}$:

$$V_{MPP(placa, 70^{\circ}C)} = \left(1 + 45^{\circ}C * \frac{\beta}{100}\right) * V_{MP STC} = \left(1 + 45^{\circ}C * \frac{-0,29}{100}\right) * 32,6$$

$$= 28,34 V \quad (42)$$

$$N_{min, sèrie} = \frac{V_{(MPP) \min inv}}{V_{MPP(placa, 70^{\circ}C)}} = \frac{240 V}{28,34 V} = 8,48 \approx 9 \text{ plaques} \quad (43)$$

On:

$V_{MPP(placa, 70^{\circ}C)}$ =re la tensió en el punt de màxima potència del mòdul en condicions estàndard a una temperatura elevada

β = característica tèrmica de la placa fotovoltaica (%/°C)

$V_{MP STC}$ = tensió en el punt de màxima potència de la placa segons test estàndard [V]

$N_{min, sèrie}$ = número mínim de plaques en sèrie que pot suportar l'inversor

$V_{(MPP) \min inv}$ = tensió mínima de l'inversor en el punt MPP [V]

No és necessari calcular quantes fileres de plaques es poden connectar en paral·lel ja que el nombre mínim de plaques que es poden instal·lar en sèrie per a que funcioni el seguidor MPPT són 9 plaques, com que la instal·lació solar escollida esta composta per 13 plaques, aquestes només es poden connectar en sèrie entre si.

Càlcul capacitat de les bateries

Es dimensionen les bateries per obtenir com a mínim energia suficient durant 3 dies per poder cobrir les necessitats energètiques de l'edifici amb un consum mig de 13,36 kW/dia.

Per calcular la capacitat que han de tenir el conjunt de bateries, s'utilitza la següent fórmula:

(44)

$$C_{20} = \frac{A * C_D}{PD_{max} * n_{inv} * n_{reg+bat}} = \frac{3 * \left(\frac{13,36kW}{220V} \right)}{1 * 0,973 * 0,8} = 234,04Ah$$

On:

C_{20} = la capacitat que han de tenir el conjunt de bateries escollides en un règim de descàrrega de 20h [Ah]

A= autonomia del sistema en dies per cobrir el 100% de la demanda mitjana diària d'electricitat.

C_D = demanda diària mitja en [Ah]

PD_{max} = Profunditat màxima de descàrrega de la bateria

n_{inv} = rendiment de l'inversor

$n_{reg+bat}$ = rendiment del regulador + la bateria, es suposa un 80 % (rendiment regulador aproximadament del 100% i de les bateries un 80%)

La capacitat de la bateria ha de ser com a mínim de 234,04Ah, les bateries escollides són de la marca Rolls MODEL S480, amb una duració estimada de 7 anys (2500-500 cicles de càrrega) i amb una capacitat C_{20} = 375 Ah formada per 4 bateries en sèrie a una tensió total de 24V. Amb aquesta capacitat, es garanteix poder cobrir la demanda durant 4,8 dies superant el mínim de 3 dies fixat per objectiu i assegurant una reserva energètica suficient per garantir el subministrament a l'edifici nZEB.

5. Instal·lació mini eòlica

Càlcul de disponibilitat de vent a la zona on s'ubica la instal·lació

Per calcular la probabilitat i la quantitat d'hores en un any en que es té una velocitat de vent determinada en el lloc on s'instal·larà l'aerogenerador, s'utilitza la fórmula de Weibull.

$$P(V) = \frac{k}{c} * \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \quad (45)$$

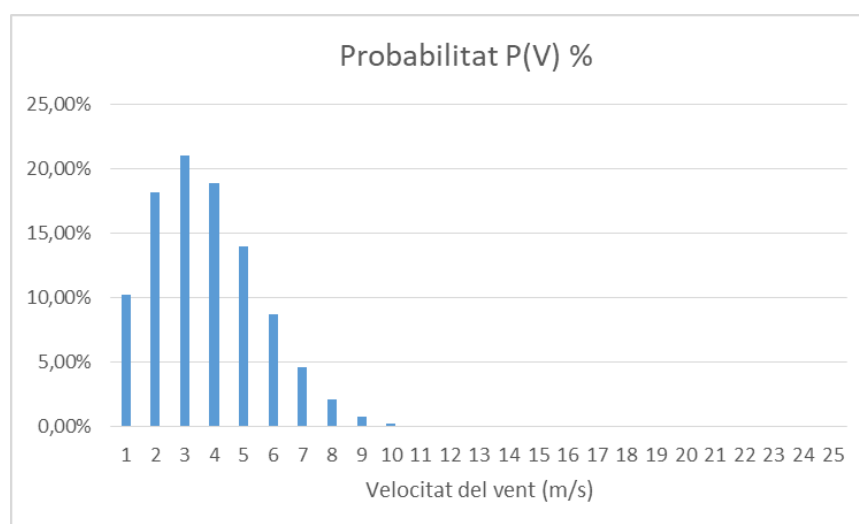
On:

$P(V)$ = la probabilitat que es produeixi una velocitat $v(m/s)$

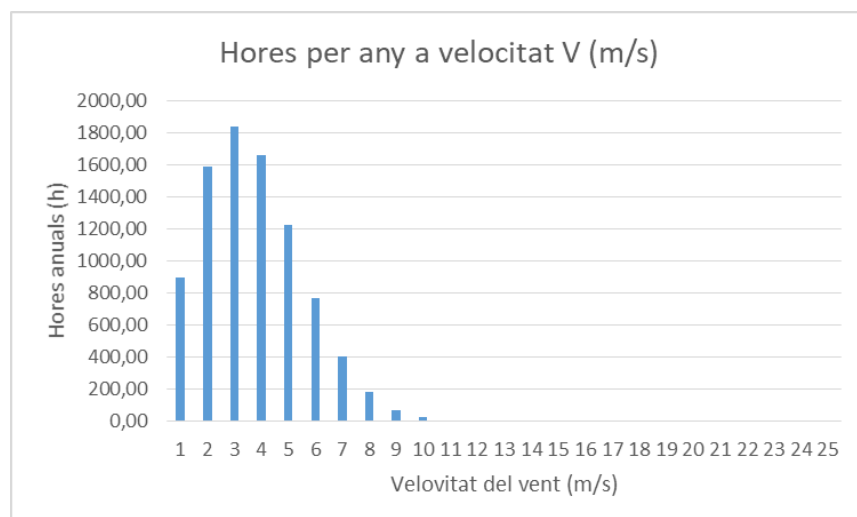
k = Paràmetre de forma de la funció Weibull (m/s)

c = Paràmetre d'escala de la funció Weibull (m/s)

Mitjançant l'aplicació online de l'IDAE *atlaseolico* (<http://atlaseolico.idae.es>) es poden obtenir els paràmetres de Weibull K i C a una altura de 80m respecte el terra i que permeten aplicar la fórmula anterior obtenint els següents resultats:



Gràfic 5: Probabilitat de tenir certa velocitat de vent en (m/s) al llarg de l'any a 80m d'altura



Gràfic 6: Hores anuals probables de tenir certa velocitat de vent en (m/s) al llarg de l'any a una altura de 80m

Taula 26: Distribució de la probabilitat i hores de vent anuals a certa velocitat a 80m d'altura

V m/s	Hores anuals	Probabilitat (%)
1	897,32	10,24%
2	1592,50	18,18%
3	1842,37	21,03%
4	1660,11	18,95%
5	1230,19	14,04%
6	767,44	8,76%
7	407,86	4,66%
8	185,90	2,12%
9	72,96	0,83%
10	24,72	0,28%
11	7,24	0,08%
12	1,84	0,02%
13	0,40	0,00%
14	0,08	0,00%
15	0,01	0,00%
16	0,00	0,00%
17	0,00	0,00%
18	0,00	0,00%
19	0,00	0,00%
20	0,00	0,00%
21	0,00	0,00%
22	0,00	0,00%
23	0,00	0,00%
24	0,00	0,00%
25	0,00	0,00%

K=	2,068
C=	4,17

L'aerogenerador a instal·lar sobre la coberta, es troba a una altura de 20m sobre el terra, per tant s'han d'adaptar les velocitats obtingudes a 80m, per les velocitats que s'haurien de tenir a una altura de 20m. Per fer-ho s'utilitza la següent fórmula:

(46)

$$V(h) = V(h_{ref}) * \left(\frac{\ln\left(\frac{h}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_{ref}}{Z_0}\right)} \right)$$

On :

$V(h)$ = la velocitat del vent a una altura h [m/s]

$V(h_{ref})$ = la velocitat del vent obtinguda a una altura de referència [m/s]

h = l'altura a la qual es vol conèixer la velocitat del vent [m]

h_{ref} = l'altura a la qual s'han obtingut les velocitats del vent $V(h_{ref})$ [m]

Z_0 = és un paràmetre anomenat longitud de rugositat i varia en funció del terreny on s'ubicarà l'aerogenerador. En aquest cas al tractar-se d'un poble li correspon $Z_0=0,4$. (paràmetre fixat pel *Danish Wind Industry Association*)

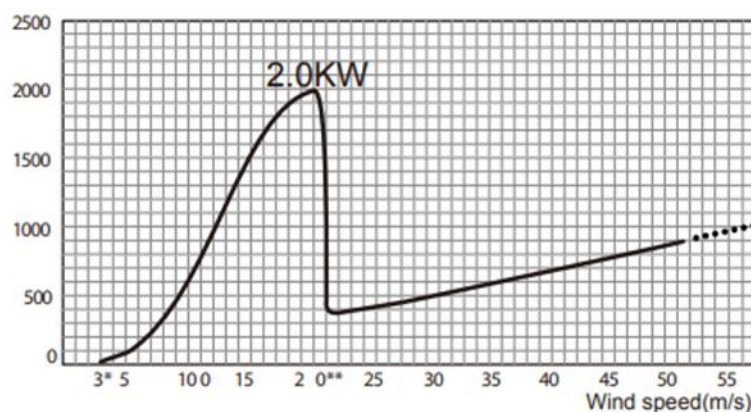
Aquesta fórmula adapta les probabilitats i hores de vent obtingudes anteriorment a una altura de 80m, a l'altura en que s'instal·larà l'aerogenerador (20m). Aquesta adaptació únicament s'aplicarà en les velocitats compreses entre 1 i 12 m/s a que és molt poc probable que es donin velocitats de vent majors.

Taula 27: Probabilitat i hores de tenir velocitats de vent V [m/s] a una altura de 20m respecte el terra

V [m/s] a h=80m	Hores anuals H	Probabilitat (%)	V [m/s] a (h=20m)
1	897,32	10,24%	0,7
2	1592,50	18,18%	1,5
3	1842,37	21,03%	2,2
4	1660,11	18,95%	3,0
5	1230,19	14,04%	3,7
6	767,44	8,76%	4,4
7	407,86	4,66%	5,2
8	185,90	2,12%	5,9
9	72,96	0,83%	6,6
10	24,72	0,28%	7,4
11	7,24	0,08%	8,1
12	1,84	0,02%	8,9

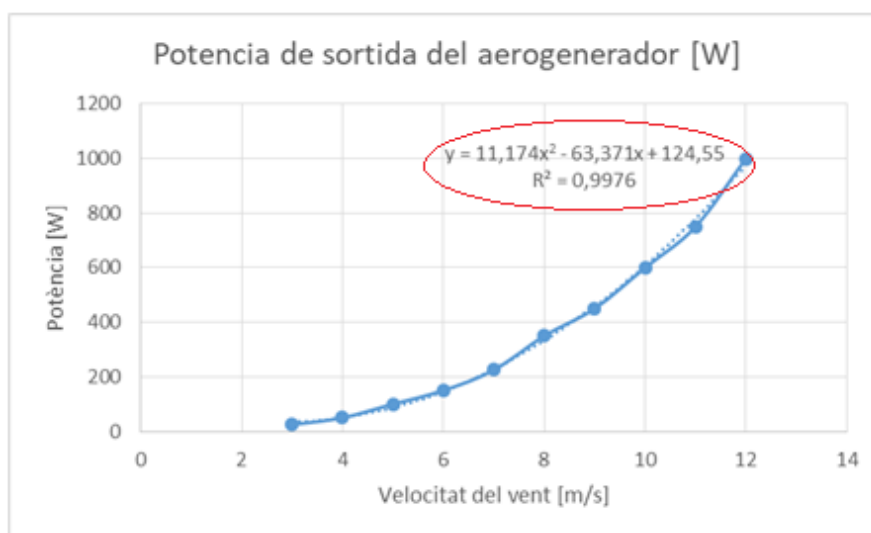
Càlcul de l'energia generada per l'aerogenerador escollit

Obtingudes les hores de vent a les quals es produeix certa velocitat de vent a una altura de 20m respecte el terra, es pot procedir a calcular la potència generada per l'aerogenerador utilitzant el gràfic proporcionat pel fabricant en que es descriu la potència generada segons la velocitat del vent.



Gràfic 7: Gràfic característic de la potència de sortida segons la velocitat del vent desenvolupat per l'aerogenerador Techno Sun FSH 2000

Multiplicant la potència generada per l'aerogenerador i les hores en que es produeix certa velocitat de vent, es pot conèixer l'energia generada. Per tal de conèixer amb més exactitud la potència que genera l'aerogenerador, amb l'Excel s'obté l'equació que descriu la potència generada per l'aerogenerador segons la velocitat del vent en el tram compres entre 3 i 12m/s, al no assolir-se velocitats més elevades que aquestes.



Gràfic 8: representació de la potència de sortida del aerogenerador en l'interval de velocitats del vent 3-12 [m/s]

Amb totes aquestes dades, es pot aplicar la següent fórmula que ens dona la quantitat d'energia en CC del aerogenerador a cada velocitat de vent:

$$P(V) = P(V)_{aerogenerador} * H(V)_{anual} \quad (47)$$

On:

$P(V)$ = la potència que genera l'aerogenerador a una velocitat de vent determinada durant un any [Wh/any]

$P(V)_{aerogenerador}$ = la potència que genera l'aerogenerador a una velocitat de vent determinada [W]

$H(V)$ = les hores anuals a la que el vent té una velocitat determinada [h]

Taula 28: Taula 28: Energia anual generada per l'aerogenerador a les diferents velocitats de vent obtingudes a 20 m d'altura

V [m/s] a (h=20m)	Hores anuals H	Probabilitat (%)	P(Vaerogenerador) [w]	P[Wh/any]
0,7	897,32	0,10	0,00	0,00
1,5	1592,50	0,18	0,00	0,00
2,2	1842,37	0,21	0,00	0,00
3,0	1660,11	0,19	34,86	57864,96
3,7	1230,19	0,14	42,89	52764,20
4,4	767,44	0,09	63,11	48432,18
5,2	407,86	0,05	95,51	38954,78
5,9	185,90	0,02	140,10	26043,78
6,6	72,96	0,01	196,86	14363,38
7,4	24,72	0,00	265,81	6570,52
8,1	7,24	0,00	346,95	2511,98
8,9	1,84	0,00	440,27	808,03
Total (kWh/any)				248,31

En total s'obtenen 248,31 kWh/any d'energia en CC, per obtenir l'energia en CA únicament s'ha de multiplicar aquesta energia pel rendiment de l'inversor (0,973).

$$AEP = \left(\sum P(V) \right) * \eta_{inv} \quad (48)$$

On:

AEP= l'energia anual produïda en CA per l'aerogenerador

$P(V)$ = la potència que genera l'aerogenerador a una velocitat de vent determinada durant un any
[kWh/any]

η_{inv} = el rendiment de l'inversor

Obtenint finalment **241,61 kWh** d'energia en CA en un any.

6. Instal·lació elèctrica

Càlcul de les seccions dels conductors pel criteri de caiguda de tensió

Segons el REBT (*Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*), en les instal·lacions de generació (ITC-BT-40), s'hauran de dimensionar els conductors per a una intensitat no inferior al 125% de la màxima generada en el generador. Els conductors també es dimensionaran per no permetre una caiguda de tensió superior a 1,5% ni en la part de CC ni en la de CA.

Per saber quina és la secció que han de tenir els conductors utilitzats, s'utilitzaran les següents fórmules:

- Càlcul de la secció dels conductors que transporten corrent continu (CC):

$$S_{diseny} = \frac{2 * L * I_{diseny} * \rho TC}{e * V_{tram}} \quad (49)$$

- Càlcul de la secció dels conductors que transporten corrent altern (CA):

$$S_{diseny} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{diseny} * \rho TC}{e * V_{tram}} \quad (50)$$

On:

L = la longitud màxima del tram en [m]

I_{diseny} = corrent per la que es dissenya el conductor [A]

ρTC = resistivitats corresponent al consuctor utilitzat a la temperatura màxima admesa per aquest [Ω·mm²/m]

V_{tram} = tensió present en el tram de conductor considerat [V]

Tram 1: aerogenerador – inversor regulador

$L = 30\text{m}$

$I_{\text{diseny}} = 1,25 * I_{\text{aerogenerador}} = 1,25 * 20,8 = 26\text{ A}$

$E = 0,015\text{ (1,5\%)}$

$V_{\text{tram}} = V_{\text{aerogenerador}} = 24\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$S_{\text{tram1}} = \frac{2 * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * V_{\text{tram}}} = \frac{2 * 30 * 26 * 0,023}{0,015 * 24} = 99,6\text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{120\text{mm}^2} \quad (51)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de 99,6 mm² per tant s'escull la secció normalitzada 120 mm² segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a 301A > I_{diseny} sent adient per aquesta aplicació.

Tram 2: camp solar – inversor regulador

$L = 5\text{m}$

$I_{\text{diseny}} = 1,25 * I_{\text{SC,(STC)}} = 1,25 * 9,83 = 12,28\text{ A}$

$E = 0,015\text{ (1,5\%)}$

$V_{\text{tram}} = V_{\text{MPP, (STC)}} * N_{\text{plaques en sèrie}} = 32,6 * 13 = 423,8\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$S_{\text{tram2}} = \frac{2 * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * V_{\text{tram}}} = \frac{2 * 5 * 12,28 * 0,023}{0,015 * 423,8} = 0,32\text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{1,5\text{mm}^2} \quad (52)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de 0,32mm per tant s'escull la secció normalitzada 1,5 mm² segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a 20A > I_{diseny} sent adequat per aquesta aplicació.

Tram 3: inversor regulador - CGP

$L = 30\text{m}$

$I_{\text{diseny}} = 1,25 * I_{\text{inversor}} = 1,25 * 26,1 = 32,62\text{ A}$

$E = 0,015\text{ (1,5\%)}$

$V_{\text{tram}} = V_{\text{inversor}} = 230\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$S_{\text{tram3}} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * U_{\text{tram}}} = \frac{\sqrt{3} * 30 * 32,62 * 0,023}{0,015 * 230} = 11,3\text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{16\text{mm}^2} \quad (53)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de $11,3\text{ mm}^2$ per tant s'escull la secció normalitzada 16 mm^2 segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a $87\text{A} > I_{\text{diseny}}$ sent adient per aquesta aplicació.

Es procedeix a calcular el tram de conductor que alimenta l'equip d'aerotèrmia

Tram aerotèrmia

$L = 20\text{m}$

$I_{\text{diseny}} = I_{\text{MAX aerotèrmia}} = 7,82\text{ A}$

$E = 0,015\text{ (1,5\%)}$

$V_{\text{tram}} = 230\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023\text{ }[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$S_{\text{aerotèrmia}} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{\text{diseny}} * \rho_{TC}}{e * U_{\text{tram}}} = \frac{\sqrt{3} * 20 * 7,82 * 0,023}{0,015 * 230} = 1,8\text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{2,5\text{mm}^2} \quad (54)$$

S'obté que la secció del conductor ha de ser com a mínim de $1,8\text{mm}^2$ per tant s'escull la secció normalitzada $2,5\text{ mm}^2$ segons taula A-52-1 del REBT mètode d'instal·lació B1. Aquest conductor pot suportar fins a $26,5\text{A} > I_{\text{diseny}}$ sent adient per aquesta aplicació.

Comprovació de la correcta elecció dels conductors pel mètode de caiguda de tensió

Seleccionats els conductors de cada tram, s'ha de comprovar que la caiguda de tensió sigui inferior a 1,5% en cada tram.

$$e\% = \frac{2 * L * I_{tram} * \rho_{TC}}{S_{norm} * V_{tram}} * 100 \quad (55)$$

On:

$e(\%)$ = la caiguda de tensió del tram

L = la longitud màxima del tram en [m]

I_{tram} = corrent que s'espera que circuli pel conductor [A]

Tram 1: aerogenerador – inversor regulador

$L = 30\text{m}$

$I_{tram} = I_{MAX \text{ aerogenerador}} = 20,8\text{A}$

$S_{norm} = 120\text{mm}^2$

$V_{tram} = V_{aerogenerador} = 24\text{ V}$

$\rho_{90^\circ} = 0,023 [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

$$e\% = \frac{2 * L * I_{tram} * \rho_{TC}}{S_{norm} * V_{tram}} * 100 = \frac{2 * 30 * 20,8 * 0,023}{120 * 24} * 100 = 0,96\% \quad (56)$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

Tram 2: camp solar – inversor regulador

$L = 5\text{m}$

$I_{tram} = I_{SC,(STC)} = 9,83\text{A}$



$$S_{\text{norm}} = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{tram}} = V_{\text{MPP, (STC)}} * N_{\text{plaques en sèrie}} = 32,6 * 13 = 423,8 \text{ V}$$

$$\rho_{90} = 0,023 [\Omega * \text{mm}^2/\text{m}]$$

$$e\% = \frac{2 * L * I_{\text{tram}} * \rho_{TC}}{S_{\text{norm}} * V_{\text{tram}}} * 100 = \frac{2 * 5 * 9,83 * 0,023}{1,5 * 423,8} * 100 = \mathbf{0,35\%} \quad (57)$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

Tram 3: inversor regulador - CGP

$$L = 30 \text{ m}$$

$$I_{\text{tram}} = I_{\text{inversor}} = 26,1 \text{ A}$$

$$S_{\text{norm}} = 16 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{tram}} = V_{\text{inversor}} = 230 \text{ V}$$

$$\rho_{90} = 0,023 [\Omega * \text{mm}^2/\text{m}]$$

$$e\% = \frac{2 * L * I_{\text{tram}} * \rho_{TC}}{S_{\text{norm}} * V_{\text{tram}}} * 100 = \frac{2 * 30 * 26,1 * 0,023}{16 * 230} * 100 = \mathbf{0,97\%} \quad (58)$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

Tram aerotèrmia

$$L = 20 \text{ m}$$

$$I_{\text{tram}} = I_{\text{MAX aerotèrmia}} = 7,82 \text{ A}$$

$$S_{\text{norm}} = 2,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{tram} = 230 \text{ V}$$

$$\rho_{90^{\circ}} = 0,023 \text{ } [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$$

$$e\% = \frac{2 * L * I_{tram} * \rho_{TC}}{S_{norm} * V_{tram}} * 100 = \frac{2 * 20 * 7,82 * 0,023}{2,5 * 230} * 100 = \mathbf{1,25\%} \quad (59)$$

S'obté que la secció del conductor és adequat, la caiguda de tensió és inferior al 1,5%

Dimensionament de les proteccions

Per dimensionar els elements de protecció, es segueix el següent criteri:

- Fusible

$$I_{generador} < I_{fusible} < I_{max conductor} * 1,2 \quad (60)$$

Aquesta fórmula, especifica que el fusible adequat per protegir els elements de la part de CC. Aquest ha de tenir un valor superior a la intensitat que es genera i ha de ser inferior a 1,2 vegades la intensitat màxima que pot suportar el conductor.

- Interruptor magneto tèrmic

$$I_{prevista} < I_N < I_{max conductor} \quad (61)$$

Aquesta fórmula especifica que el magneto tèrmic adequat per a protegir la instal·lació, ha de tenir un valor nominal superior a la intensitat prevista que circularà pel conductor i ha de tenir un valor inferior a la intensitat màxima que pot circular pel conductor.

- Interruptor diferencial

Els diferencials domèstics, s'encarreguen de protegir a les persones de possibles contactes directes o indirectes a les persones. Els més utilitzats son els de 40A 30ma i s'escullen per tal que puguin suportar una corrent superior a la prevista que passi pels seus borns de connexió.

En la part de (CC), l'aerogenerador, els panells fotovoltaics i les bateries, estaran protegits per fusibles que actuaran només si la intensitat que circula pel conductor és lo suficientment elevada com per cremar el conductor i posar en perill els elements que formen la instal·lació.

En la part de (CA), s'instal·laran interruptors magneto tèrmics i diferencials per protegir les instal·lacions i les persones.

Tram 1: aerogenerador – inversor regulador

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{MAX aerogenerador}} = 20,8\text{A}$$

$$I_{\text{max conductor}} = 301\text{A}$$

$$I_{\text{generador}} < I_{\text{fusible}} < I_{\text{max conductor}} * 1,2 \rightarrow 20,8\text{A} < I_{\text{fusible}} < (301 * 1,2)\text{A} \quad (62)$$

S'escull un fusible amb intensitat normalitzada de **$I_N = 25 \text{ A}$** .

Tram 2: camp solar – inversor regulador

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{SC, (STC)}} = 9,83\text{A}$$

$$I_{\text{max conductor}} = 20\text{A}$$

$$I_{\text{generador}} < I_{\text{fusible}} < I_{\text{max conductor}} * 1,2 \rightarrow 9,83\text{A} < I_{\text{fusible}} < (20 * 1,2)\text{A} \quad (63)$$

S'escull un fusible d'intensitat nominal de **16 A**

Tram 3: inversor regulador - CGP

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{inversor}} = 26,1\text{A}$$

$$I_{\text{max conductor}} = 87\text{A}$$

$$I_{\text{prevista}} < I_N < I_{\text{max conductor}} \rightarrow 26,1 < I_N < 87\text{A} \quad (64)$$

S'escull un magneto tèrmic amb intensitat normalitzada de **$I_N = 32 \text{ A}$** i un **diferencial 40A/30 ma** per protegir a les persones i instal·lacions.

Tram aerotèrmia

$$I_{\text{prevista}} = I_{\text{SC, (STC)}} = 7,82 \text{ A}$$

$$I_{\text{max conductor}} = 26,5 \text{ A}$$

(65)

$$I_{\text{prevista}} < I_N < I_{\text{max conductor}} \rightarrow 7,82 < I_N < 26,5 \text{ A}$$

S'escull un magneto tèrmic amb intensitat normalitzada de $I_N = 10 \text{ A}$ i un **diferencial 40A/30 ma** per protegir a les persones i instal·lacions.

Càlcul posta terra

Per seguretat és necessari dissenyar una posta a terra per les noves instal·lacions de generació. S'utilitza el mètode UNE i es vol aconseguir una tensió de defecte màxima de 24V tal i com s'indica en el REBT.

La resistivitat del terreny s'escull amb la taula 3 del ITC-BT-18, sent la resistència escollida de 100 Ωm . La configuració de la posta a terra que s'escull és de tipus 5/32, es a dir 3 piquetes de 2m de longitud i 14mm de diàmetre separades 3m entre elles i unides per un fil conductor horitzontal de 50mm² de secció enterrades a una profunditat de 0,5m.

Taula 29: configuració dels elèctrodes de la posada a terra, extret del annex 2 del mètode UNESA

PROFUNDIDAD = 0'5 m.

Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.
Separación entre picas : 3 m
Longitud pica = 2 m.

Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Escollida la configuració de la posta a terra, la resistència del terreny i la tensió de defecte màxima, ja es pot procedir a comprovar si la posada a terra escollida és adequada en aquest cas. Per fer-ho, s'utilitzaran les següents fórmules:

$$R_t = K_r * \rho \quad (66)$$

$$V_d = I_d * R_t \quad (67)$$

On

R_t = resistència de posta a terra [Ω]

K_r = resistència del elèctrode (pica) [$\Omega/\Omega m$]

I_d = intensitat del diferencial [A]

ρ = resistivitat del terreny [Ωm]

V_d : Tensió de defecte [V]

I_d : Intensitat del diferencial [A]

En aquest cas amb la configuració escollida:

$K_r=0,135 \Omega/\Omega m$

$\rho=100 \Omega m$

$I_d=0,03A$ sent aquesta la corrent màxima admissible en el diferencial escollit sense que s'activi.

$$R_t = K_r * \rho = 0,135 * 200 = 27 \Omega \quad (68)$$

$$V_d = I_d * R_t = 0,03 * 27 = \mathbf{0,81 V} \quad (69)$$

Si circula la màxima intensitat sense que s'activi el diferencial, no s'asoleix una tensió superior a 24V, per lo que es verifica que la posta a terra dissenyada (5/32) és vàlida.

Annex B: efecte dels contaminants sobre la salut humana

Llistats dels principals contaminants emesos durant el procés de combustió dels combustibles fòssils i els seus efectes sobre la salut humana.

Diòxid de sofre (SO₂): Ocasiona irritacions oculars i de les vies respiratòries (rinitis, sinusitis, faringitis, laringitis, bronquitis agudes i cròniques, bronquiolitis i traqueïtis). Redueix la capacitat i la funció pulmonar que predispesa a la persona a patir asma o altres al·lèrgies respiratòries. També desencadenen crisis asmàtiques, enfisemes pulmonars ... que poden provocar la mort.

Diòxid de nitrogen (NO₂): les concentracions de NO₂, actualment en les ciutats, no produeixen efectes considerables sobre la salut humana però la seva acumulació en el cos pot provocar danys a les vies respiratòries. Afecta sobretot a les persones amb alguna malaltia respiratòria, provocant reducció de la funció pulmonar i una major vulnerabilitat dels pulmons davant d'infeccions.

Monòxid de carboni (CO): passa ràpidament a la sang i es combina amb l'hemoglobina formant carboxihemoglobina, que redueix la capacitat de transportar l'oxigen dels pulmons a les cèl·lules de l'organisme, produint una asfíxia cel·lular a nivell de tots els teixits. Ocasiona una disminució progressiva de totes les funcions de l'organisme humà, sent més greu en els pacients amb malalties cardiovasculars i respiratòries. A baixes concentracions, produeix mals de cap, marejos, vòmits o desmaís. En altes concentracions provoca la mort.

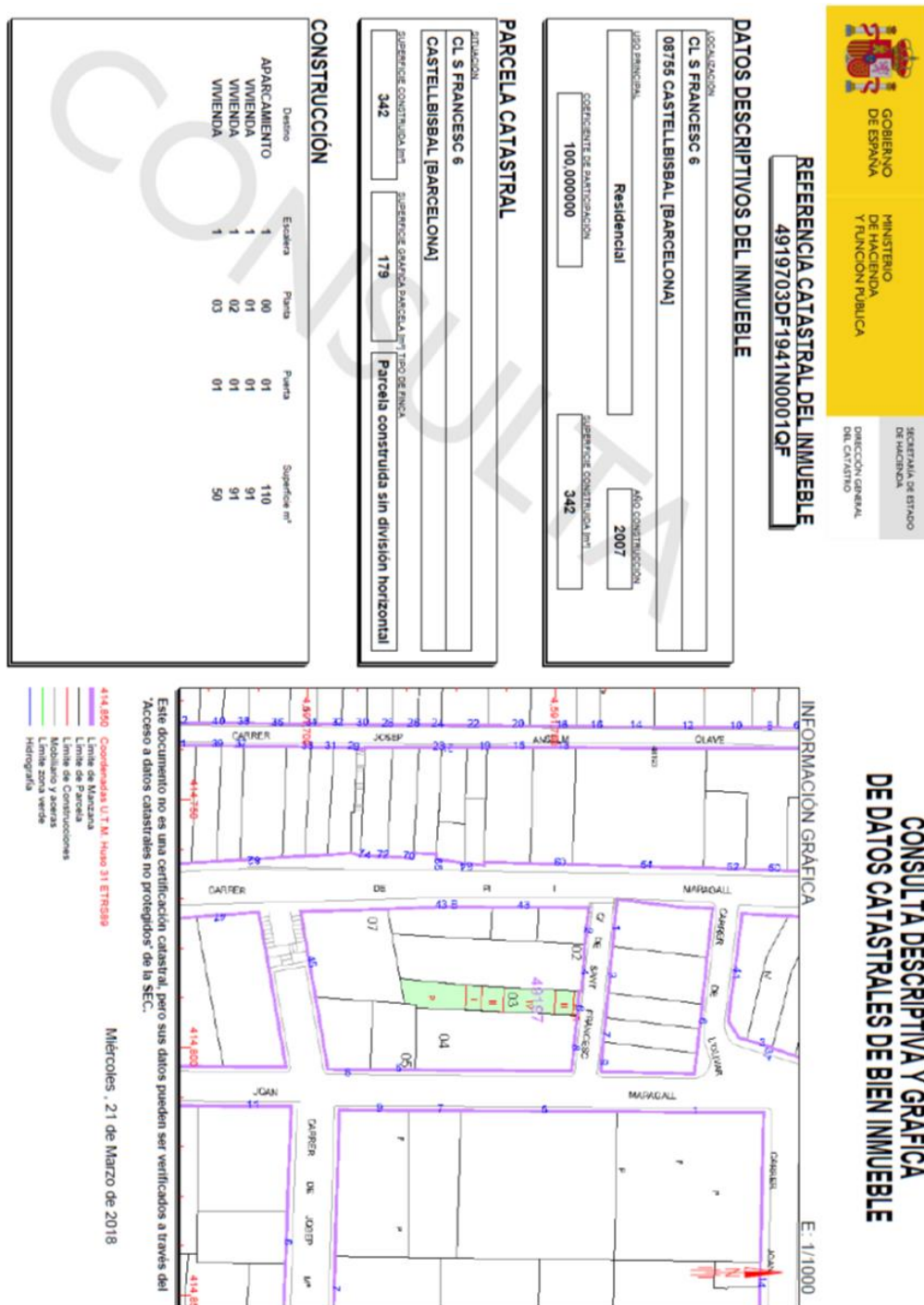
Diòxid de carboni (CO₂): afecta sobretot a les persones que pateixen bronquitis crònica i asma. En els individus sans poden experimentar dolor toràcic, tos i dificultat respiratòria.

Partícules en suspensió (PST): les partícules al penetrar a les vies respiratòries, el cos activa un seguit de reaccions per tal d'evitar la seva entrada a l'organisme, generant: esternuts, tos, la producció de mucositat i inflamació de la zona. A més en els infants produeix bronquitis agudes i cròniques, enfisemes pulmonars, disminució de la funció pulmonar, agreujament de les crisis asmàtiques, provocant morts prematures. Les partícules no expulsades són eliminades per un grup de cèl·lules especialitzades.

Ozó (O₃): redueix la capacitat respiratòria, produint al·lèrgies, mal al pit tos i nàusees. També produeix conjuntivitis, irritació del nas i la boca, reducció de les defenses del cos sent més vulnerable a les malalties. Les persones amb asma o altres malalties respiratòries o cardíques són més vulnerables a l'Ozó.

Annex C: Informació cadastral de l'edifici actual

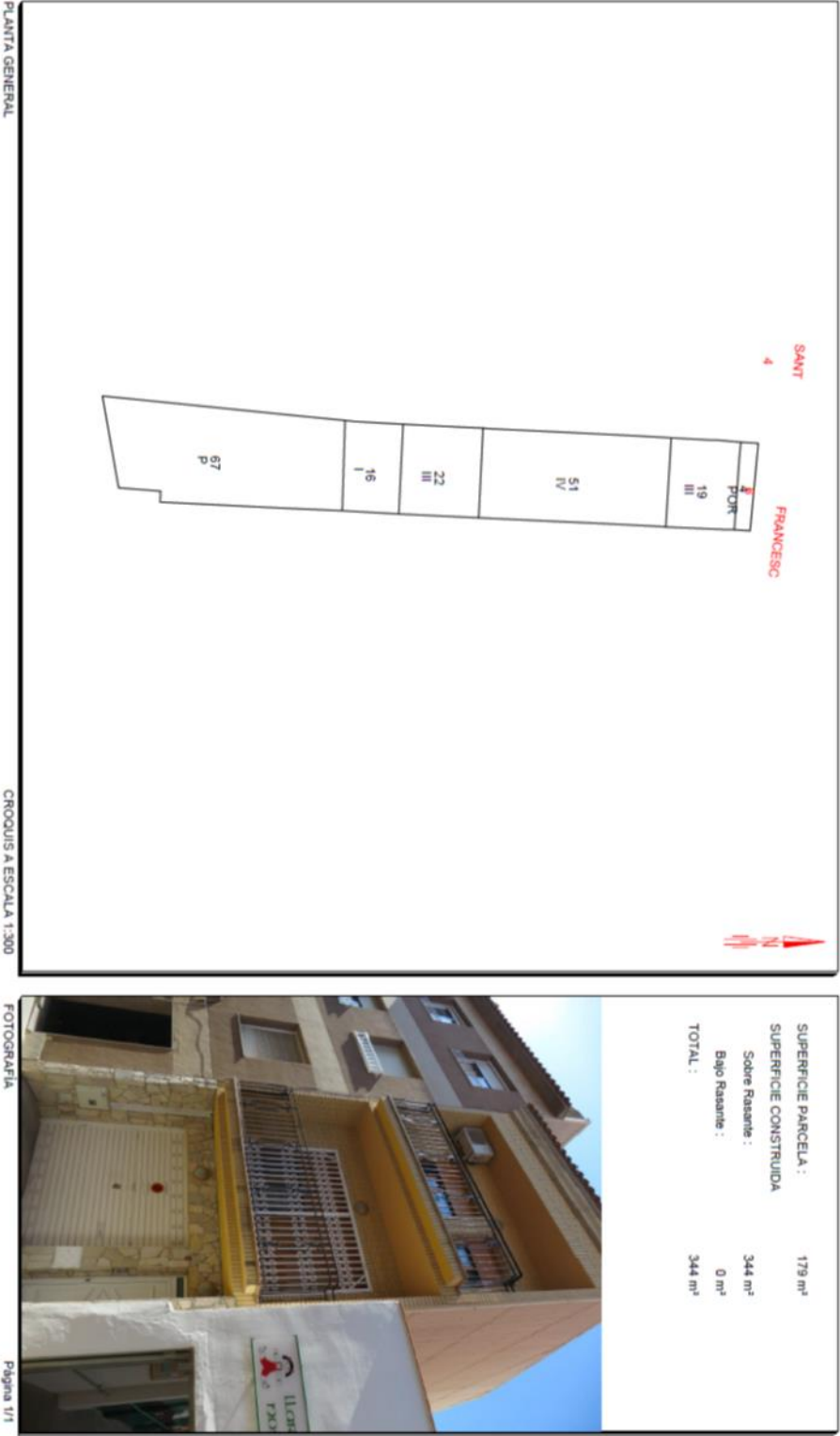
A continuació s'adjunta la informació cadastral de l'edifici actual en que s'especifica la seva situació geogràfica i altre informació d'interès.



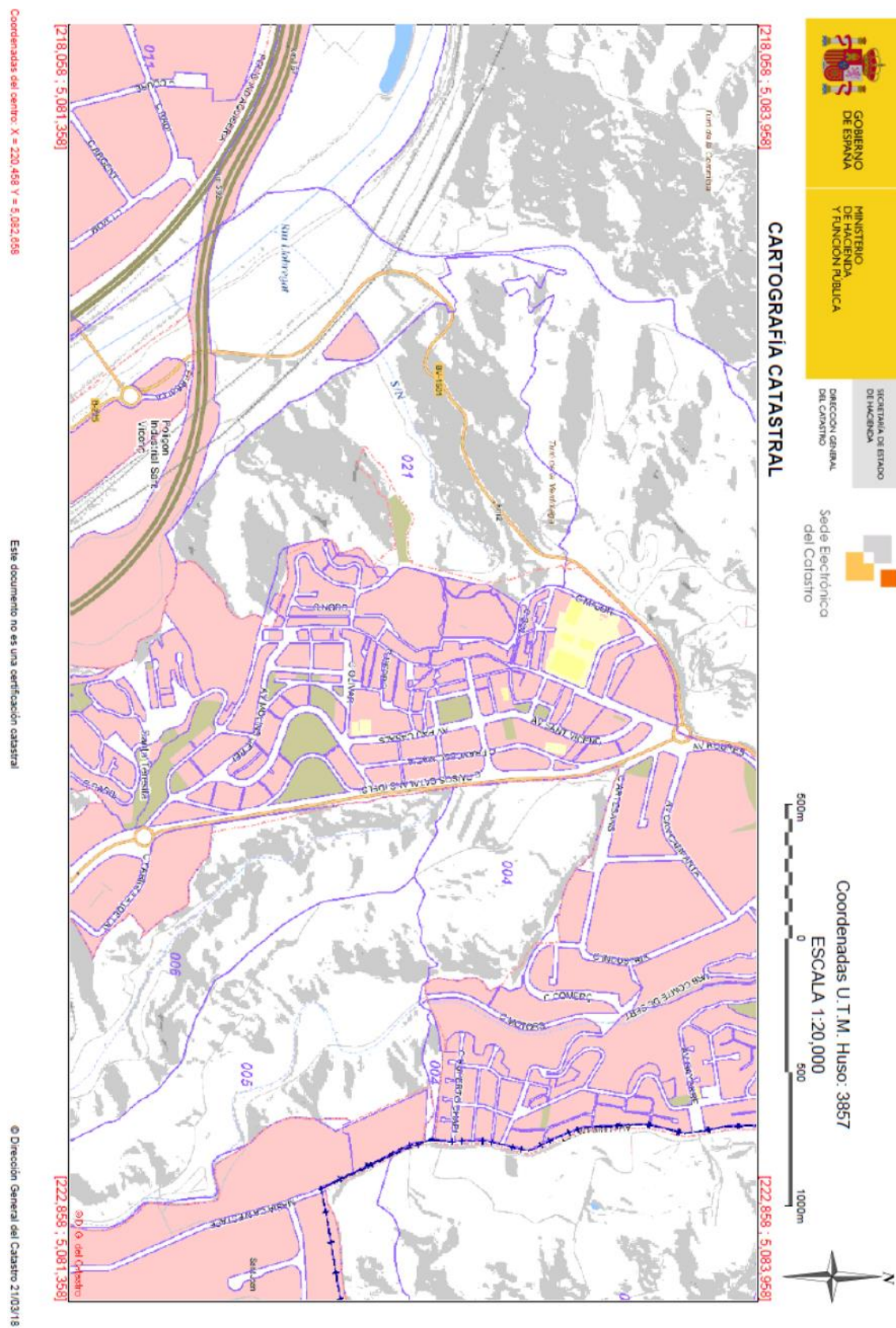
CROQUIS CATASTRAL
PARCELA CATASTRAL 4919703DF1941N

CL S FRANCESC, 0006. CASTELLBISBAL [Barcelona]

21 de marzo de 2018 19:42







Annex D: definició del edifici actual en el programa CE3X

En aquest annex es troben les captures de pantalla amb la informació introduïda en el programa CE3X de cadascun dels elements que formen l'envolupant tèrmica i les instal·lacions actuals de l'edifici.

1. Dades administratives

Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio	Edifici existent objecte d'estudi		
Dirección	Carrer Sant Francesc n°6		
Provincia/Ciudad autónoma	Barcelona	Localidad	Otro
Referencia Catastral	4919703DF1941N0001QF		Código Postal 08755
		Castellbisbal	

Datos del cliente

Nombre o razón social	Treball de fi de grau: Estudi de viabilitat i disseny de les instal·lacions d'un edifici d'energia zero		
Dirección	Carrer Sant Francesc n°6		
Provincia/Ciudad autónoma	Barcelona	Localidad	Castellbisbal
Teléfono		Código Postal	08755
		E-mail	

Datos del técnico certificador

Nombre y Apellidos	Jordi Martínez Rovira	NIF	
Razón social		CIF	
Dirección			
Provincia/Ciudad autónoma		Localidad	
Teléfono		Código Postal	
		E-mail	
Titulación habilitante según normativa vigente	Graduat en enginyeria elèctrica		

Imatge1: Introducció de les dades administratives en el programa CE3X

2. Dades generals

Datos generales

Normativa vigente: NBE-CT-79 ? Año construcción: 2007

Tipo de edificio: Unifamiliar

Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona Localidad: Otro Zona climática: HE-1 C2 HE-4 III

Castellbisbal

Definición edificio

Superficie útil habitable: 187.91 m²

Altura libre de planta: 2.7 m

Número de plantas habitables: 4

Ventilación del inmueble: 0 ren/h

Demanda diaria de ACS: 112 l/día

Masa de las particiones internas: Media

☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imagen edificio

Plano situación

Imatge 2: Introducció de les dades generals en el programa CE3X

3. Definició elements de l'envolupant tèrmica

A. Definició de la coberta

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☒ Cubierta ☐ Enterrada

☐ Muro ☒ En contacto con el aire

☐ Suelo

☐ Partición interior

☐ Hueco/Lucernario

☐ Puente térmico

Cubierta en contacto con el aire

Nombre: Coberta Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 61.42 m²

Longitud: 13.5 m

Anchura: 4.55 m

Características

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas

Transmitancia térmica: 0.64 W/m²K

☒ Transmitancia térmica: 0.63965 W/m²K Masa/m²: 180 kg/m²

☐ Librería cerramientos

Imatge 3: definició de la coberta en el programa CE3X

B. Definició de les façanes

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☒ Muro ☐ En contacto con el terreno
☐ Suelo ☒ De fachada
☐ Partición interior ☐ Medianería
☐ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Muro de fachada

Nombre: Façana principal C/Samt Francesc Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 48.5 m²

Longitud: 4.85 m

Altura: 10 m

Características

Orientación: Norte

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas

Transmitancia térmica: 0.69 W/m²K

Transmitancia térmica: 0.68617 W/m²K Masa/m²: 344 kg/m²

Librería cerramientos:

Imatge 4: definició de les façanes: façana principal carrer Sant Francesc (orientació Nord)

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☒ Muro ☐ En contacto con el terreno
☐ Suelo ☒ De fachada
☐ Partición interior ☐ Medianería
☐ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Muro de fachada

Nombre: Façana secundaria Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 48.5 m²

Longitud: 4.85 m

Altura: 10 m

Características

Orientación: Sur

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas

Transmitancia térmica: 0.69 W/m²K

Transmitancia térmica: 0.68617 W/m²K Masa/m²: 344 kg/m²

Librería cerramientos:

Imatge 5: definició de les façanes: façana secundaria (orientació Sud) al jardí

C. Definició de les parets laterals

Edificio Objeto

- ☒ Façana principal C/Samt Franc
- ☒ Façana secundaria
- ☒ Mur lateral 1
- ☒ Mur lateral 2
- ☒ Coberta
- ☒ Terra en contacte amb el terre
- ☒ Partició interior vertical corres
- ☒ Partició interior superior terra
- ☒ Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☒ Muro ☐ En contacto con el terreno
☐ De fachada
☐ Suelo ☒ Medianería
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Medianería

Nombre:

Dimensiones

Superficie: m2

Longitud: m

Altura: m

Zona:

Características

Tipo de muro: kg/m2



Imatge 6: definició de es parets laterals. Paret lateral 1

Edificio Objeto

- ☒ Façana principal C/Samt Franc
- ☒ Façana secundaria
- ☒ Mur lateral 1
- ☒ Mur lateral 2
- ☒ Coberta
- ☒ Terra en contacte amb el terre
- ☒ Partició interior vertical corres
- ☒ Partició interior superior terra
- ☒ Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☒ Muro ☐ En contacto con el terreno
☐ De fachada
☐ Suelo ☒ Medianería
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Medianería

Nombre:

Dimensiones

Superficie: m2

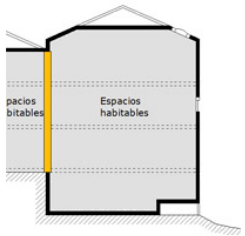
Longitud: m

Altura: m

Zona:

Características

Tipo de muro: kg/m2



Imatge 7: definició de es parets laterals. Paret lateral 2

D. Definició del terra en contacte amb el terreny

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terreny**
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☒ Suelo
 ☒ En contacto con el terreno
☐ Partición interior
 ☐ En contacto con el aire exterior
☐ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Suelo en contacto con el terreno

Nombre: Zona:

Dimensiones

Superficie: m²

Longitud: m

Anchura: m

Características

Profundidad: ☒ Menor o igual que 0.5 m

☐ Mayor que 0.5 m m

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Transmitancia térmica: W/m²K

Imatge 8: definició del terra en contacte amb la superfície

E. Definició de les particions interiors

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terreny
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra**
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☒ Partición interior
 ☐ Vertical
☒ Horizontal en contacto con espacio NH superior
☐ Hueco/Lucernario
 ☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior
☐ Puente térmico

Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior

Nombre: Zona:

Parámetros generales

Superficie de la partición: m²

Tipo de espacio no habitable:

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal Transmitancia térmica: W/m²K

Imatge 9147: definició de les particions interiors horitzontals en contacte amb superfície no habitable superior terrassa 1

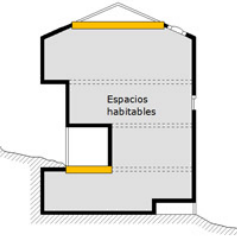
Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corresponent
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☒ Partición interior

☐ Vertical
☒ Horizontal en contacto con espacio NH superior
☐ Hueco/Lucernario
☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior
☐ Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior

Nombre: Zona:


Parámetros generales

Superficie de la partición: m²

Tipo de espacio no habitable:

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal Transmittancia térmica: W/m²K



Imatge 10: definició de les particions interiors horitzontals en contacte amb superfície no habitable superior terrassa 2

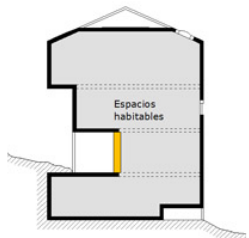
Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corresponent
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☒ Partición interior

☒ Vertical
☐ Horizontal en contacto con espacio NH superior
☐ Hueco/Lucernario
☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior
☐ Puente térmico



Partición interior vertical

Nombre: Zona:

Dimensiones


Superficie de la partición: m²

Longitud: m

Altura: m

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal Transmittancia térmica: W/m²K



Imatge 11: definició partició vertical corresponent a la terrassa 2

F. Definició dels forats (espais que ocupen les finestres)

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1**
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terras
- Partició interior superior terras

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre

Finestra 2

Cerramiento asociado

Façana principal C/Samt Francesc

Orientación

Norte

Dimensiones

Longitud	1.7	m
Altura	2	m
Multiplicador	1	
Superficie	3.4	m ²
Porcentaje de marco	10.58	%

Características

Permeabilidad del hueco	Poco estanco	100	m ³ /hm ²
Absortividad del marco	α	0.75	
<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar			
Patrón de sombras	Sin patrón		
<input type="checkbox"/> Doble ventana			

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas

Estimadas

Tipo de vidrio	Doble	U vidrio	3.3	W/m ² K
Tipo de marco	Metálico con RPT	g vidrio	0.75	
		U marco	4.0	W/m ² K

Zonas

Añadir

Modificar

Borrar

Vista clásica

Imatge 12148: definició de les finestres. Finestra 1

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1**
- Finestra 2**
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terras
- Partició interior superior terras

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre

Finestra 2

Cerramiento asociado

Façana principal C/Samt Francesc

Orientación

Norte

Dimensiones

Longitud	1.7	m
Altura	2	m
Multiplicador	1	
Superficie	3.4	m ²
Porcentaje de marco	10.58	%

Características

Permeabilidad del hueco	Poco estanco	100	m ³ /hm ²
Absortividad del marco	α	0.75	
<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar			
Patrón de sombras	Sin patrón		
<input type="checkbox"/> Doble ventana			

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas

Estimadas

Tipo de vidrio	Doble	U vidrio	3.3	W/m ² K
Tipo de marco	Metálico con RPT	g vidrio	0.75	
		U marco	4.0	W/m ² K

Zonas

Añadir

Modificar

Borrar

Vista clásica

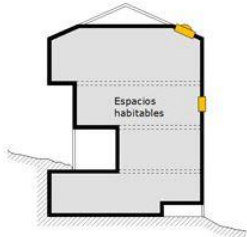
Imatge 13: definició de les finestres. Finestra 2

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 3
 Cerramiento asociado: Façana principal C/Samt Franc
 Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: 1.2 m

Altura: 2 m

Multiplicador: 1

Superficie: 2.4 m²

Porcentaje de marco: 12.91 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/h·m²

Absortividad del marco: α 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas
 Tipo de vidrio: Doble
 Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio	3.3	W/m ² K
g vidrio	0.75	
U marco	4.0	W/m ² K

Zonas

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

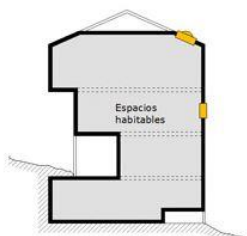
Imatge 14: definició de les finestres. Finestra 3

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- Finestra 4
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 4
 Cerramiento asociado: Façana secundaria
 Orientación: Sur

Dimensiones

Longitud: 3 m

Altura: 2 m

Multiplicador: 1

Superficie: 6.0 m²

Porcentaje de marco: 8.33 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/h·m²

Absortividad del marco: α 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas
 Tipo de vidrio: Doble
 Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio	3.3	W/m ² K
g vidrio	0.75	
U marco	4.0	W/m ² K

Zonas

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

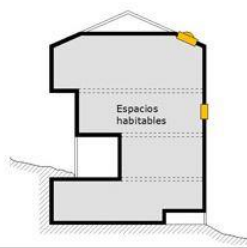
Imatge 15: definició de les finestres. Finestra 4

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franco
 - Finestra 1
 - Finestra 2
 - Finestra 3
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corredor
- Partició interior superior terrassa
- Partició interior superior terrassa

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 5
Cerramiento asociado: Façana secundaria
Orientación: Sur

Dimensiones

Longitud: 1.4 m

Altura: 2 m

Multiplicador: 1

Superficie: 2.8 m²

Porcentaje de marco: 11.78 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/hm²

Absortividad del marco: α 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble

Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio: 3.3 W/m²K
g vidrio: 0.75
U marco: 4.0 W/m²K

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

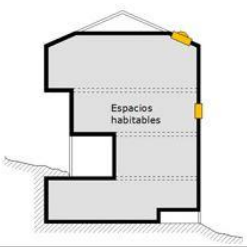
Imatge 16: definició de les finestres. Finestra 5

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franco
 - Finestra 1
 - Finestra 2
 - Finestra 3
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corredor
- Partició interior superior terrassa
- Partició interior superior terrassa

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 6
Cerramiento asociado: Façana secundaria
Orientación: Sur

Dimensiones

Longitud: 1.45 m

Altura: 1 m

Multiplicador: 1

Superficie: 1.45 m²

Porcentaje de marco: 17.24 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/hm²

Absortividad del marco: α 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble

Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio: 3.3 W/m²K
g vidrio: 0.75
U marco: 4.0 W/m²K

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Imatge 17: definició de les finestres. Finestra 6

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franco
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- Façana secundaria
- Finestra 4
- Finestra 5
- Finestra 6
- Finestra 7**
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terrassa
- Partició interior superior terrassa

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 7
 Cerramiento asociado: Façana secundaria
 Orientación: Sur

Dimensiones

Longitud: 2 m

Altura: 2 m

Multiplicador: 1

Superficie: 4.0 m²

Porcentaje de marco: 9.75 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/m²

Absortividad del marco: 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble

Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio: 3.3 W/m²K

g vidrio: 0.75

U marco: 4.0 W/m²K

Imatge 149: definició de les finestres. Finestra 7

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franco
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- Façana secundaria
- Finestra 4
- Finestra 5
- Finestra 6
- Finestra 7
- Finestra 8**
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terrassa
- Partició interior superior terrassa

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 8
 Cerramiento asociado: Façana secundaria
 Orientación: Sur

Dimensiones

Longitud: 2.7 m

Altura: 1.9 m

Multiplicador: 1

Superficie: 5.13 m²

Porcentaje de marco: 8.77 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/m²

Absortividad del marco: 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble

Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio: 3.3 W/m²K

g vidrio: 0.75

U marco: 4.0 W/m²K

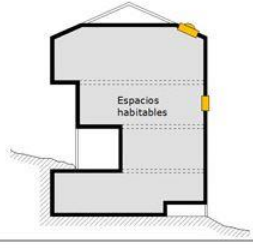
Imatge 19: definició de les finestres. Finestra 8

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franco
 - Finestra 1
 - Finestra 2
 - Finestra 3
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Finestra 9
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terrassa
- Partició interior superior terrassa

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 9
 Cerramiento asociado: Coberta
 Orientación: Techo

Dimensiones

Longitud: 0.78 m

Altura: 0.97 m

Multiplicador: 1

Superficie: 0.76 m²

Porcentaje de marco: 22.37 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/h·m²

Absortividad del marco: α 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble

Tipo de marco: Metálico con RPT

U vidrio	3.3	W/m ² K
g vidrio	0.75	
U marco	4.0	W/m ² K

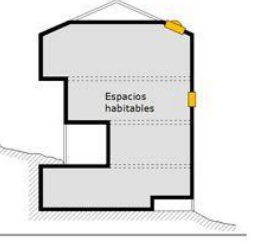
Imatge 20: definició de les finestres. Finestra 9

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franco
 - Finestra 1
 - Finestra 2
 - Finestra 3
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Finestra 9
 - Finestra 10
- Terra en contacte amb el terra
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terrassa
- Partició interior superior terrassa

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☒ Hueco/Lucernario
☐ Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: Finestra 10
 Cerramiento asociado: Coberta
 Orientación: Techo

Dimensiones

Longitud: 0.78 m

Altura: 0.97 m

Multiplicador: 1

Superficie: 0.76 m²

Porcentaje de marco: 22.37 %

Características

Permeabilidad del hueco: Poco estanco 100 m³/h·m²

Absortividad del marco: α 0.75

☐ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

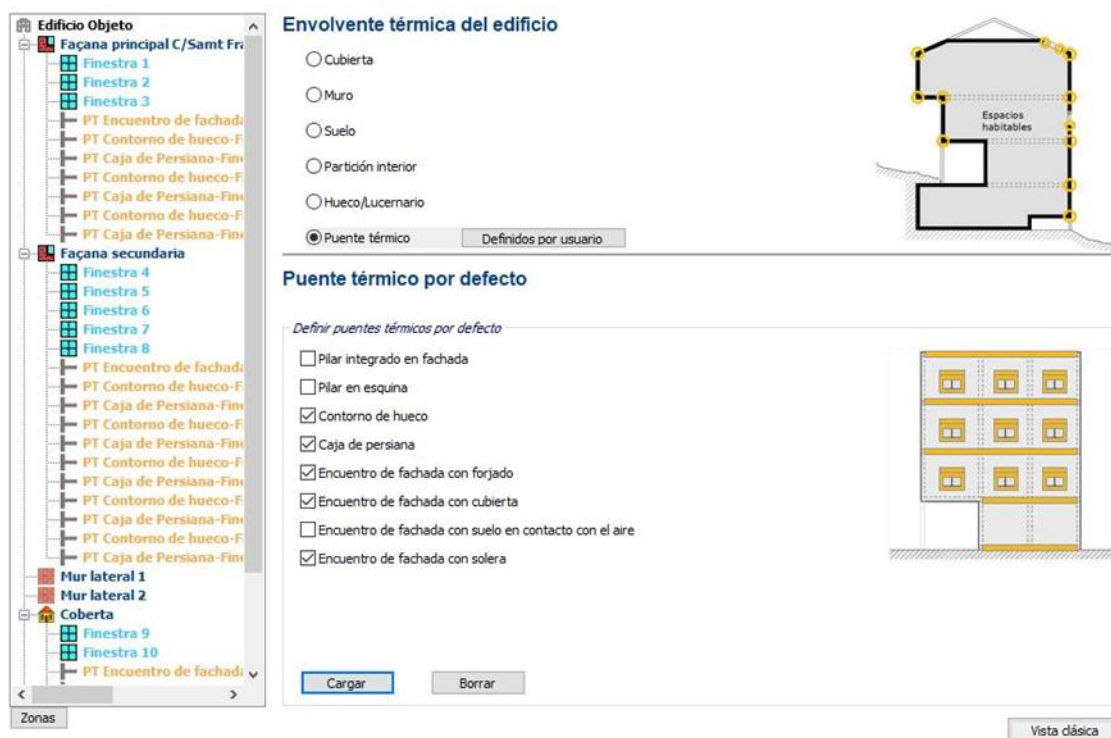
Tipo de vidrio: Doble

Tipo de marco: Metálico con RPT

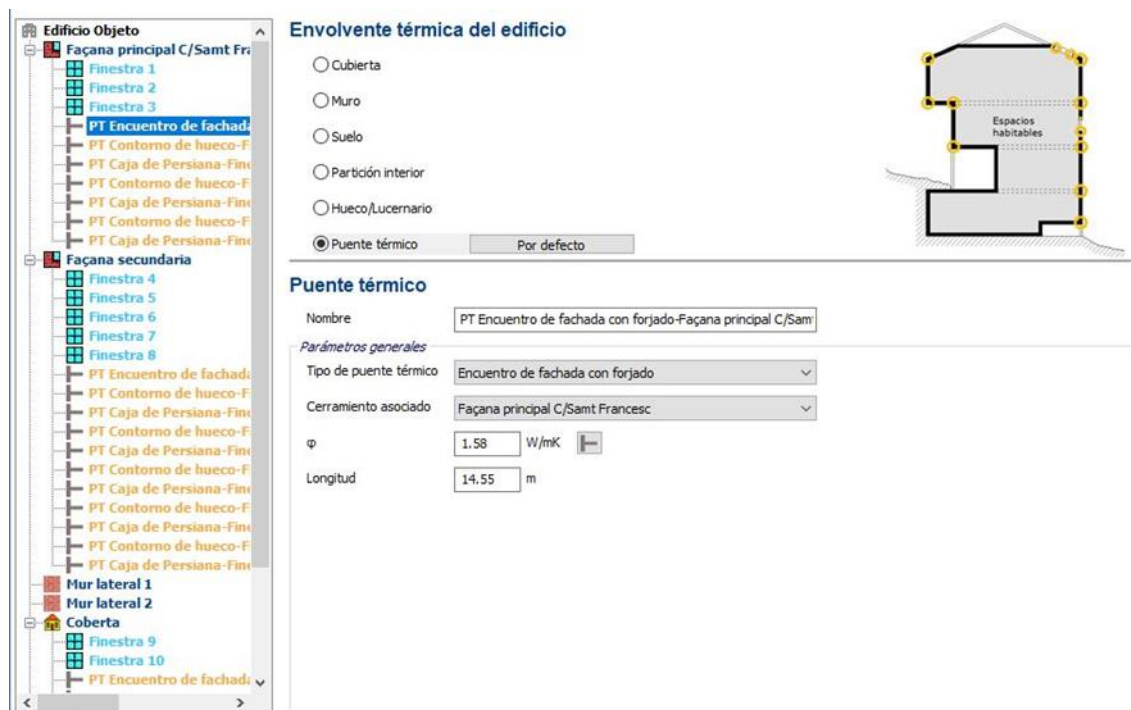
U vidrio	3.3	W/m ² K
g vidrio	0.75	
U marco	4.0	W/m ² K

Imatge 21: definició de les finestres. Finestra 10

G. Ponts tèrmics



Imatge 22: definició dels ponts tèrmics de l'edifici



Imatge 23150: pont tèrmic de la façana principal PT1

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- PT Encuentro de fachada co
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

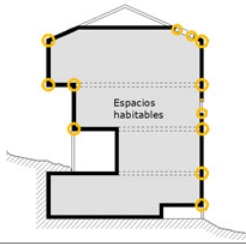
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK

Longitud: m



Imatge 24151: pont tèrmic de la façana principal PT2

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- PT Encuentro de fachada co
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

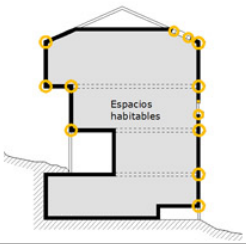
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK

Longitud: m



Imatge 25: pont tèrmic de la façana principal PT3

Edificio Objeto

- **Façana principal C/Samt Franc**
 - Finestra 1
 - Finestra 2
 - Finestra 3
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- **Façana secundaria**
 - Mur lateral 1
 - Mur lateral 2
- **Coberta**
- **Terra en contacte amb el terre**
- **Partició interior vertical corres**
- **Partició interior superior terra**
- **Partició interior superior terra**

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ **Puente térmico** Por defecto

Puente térmico

Nombre:

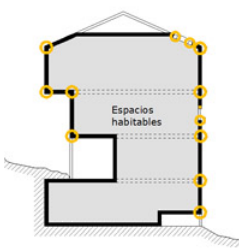
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK ■

Longitud: m



Espacios habitables

Imatge 26: pont tèrmic de la façana principal PT4

Edificio Objeto

- **Façana principal C/Samt Franc**
 - Finestra 1
 - Finestra 2
 - Finestra 3
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - **PT Caja de Persiana-Finest**
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- **Façana secundaria**
 - Mur lateral 1
 - Mur lateral 2
- **Coberta**
- **Terra en contacte amb el terre**
- **Partició interior vertical corres**
- **Partició interior superior terra**
- **Partició interior superior terra**

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ **Puente térmico** Por defecto

Puente térmico

Nombre:


Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK ■

Longitud: m



Espacios habitables

Imatge 27: pont tèrmic de la façana principal PT5

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- PT Encuentro de fachada co
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico Por defecto

Puente térmico

Nombre

Parámetros generales

Tipo de puente térmico

Cerramiento asociado

ϕ W/mK

Longitud m

Imatge 28: pont tèrmic de la façana principal PT6

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Finestra 1
- Finestra 2
- Finestra 3
- PT Encuentro de fachada co
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- PT Contorno de hueco-Fine
- PT Caja de Persiana-Finest
- Façana secundaria
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico Por defecto

Puente térmico

Nombre

Parámetros generales

Tipo de puente térmico

Cerramiento asociado

ϕ W/mK

Longitud m

Imatge 29: pont tèrmic de la façana principal PT7

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Terra en contacte amb el terre
 - Partició interior vertical corres
 - Partició interior superior terra
 - Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico Por defecto

Puente térmico

Nombre:

Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

ϕ : W/mK

Longitud: m

Imatge 30152: pont tèrmic de la façana secundaria PT8

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Terra en contacte amb el terre
 - Partició interior vertical corres
 - Partició interior superior terra
 - Partició interior superior terra

Envolvente térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico Por defecto

Puente térmico

Nombre:

Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

ϕ : W/mK

Longitud: m

Imatge 31: pont tèrmic de la façana secundaria PT9

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Terra en contacte amb el terre
 - Partició interior vertical corres
 - Partició interior superior terra
 - Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK

Longitud: m

Espacios habitables

Imatge 32: pont tèrmic de la façana secundària PT10

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Terra en contacte amb el terre
 - Partició interior vertical corres
 - Partició interior superior terra
 - Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK

Longitud: m

Espacios habitables

Imatge 33: pont tèrmic de la façana secundària PT11

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Terra en contacte amb el terre
 - Partició interior vertical corres
 - Partició interior superior terra
 - Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

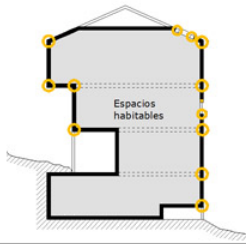
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK

Longitud: m



Espacios habitables

Imatge 34: pont tèrmic de la façana secundaria PT12

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
 - Terra en contacte amb el terre
 - Partició interior vertical corres
 - Partició interior superior terra
 - Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

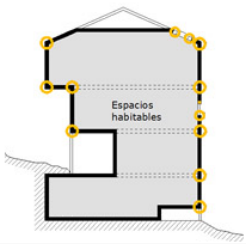
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

φ : W/mK

Longitud: m



Espacios habitables

Imatge 35: pont tèrmic de la façana secundaria PT13

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

ϕ : W/mK

Longitud: m

Imatge 36: pont tèrmic de la façana secundaria PT14

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envoltant tèrmica del edifici

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico

Por defecto

Puente térmico

Nombre:

Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

ϕ : W/mK

Longitud: m

Imatge 37: pont tèrmic de la façana secundaria PT15

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envoltante térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico Por defecto

Puente térmico

Nombre:

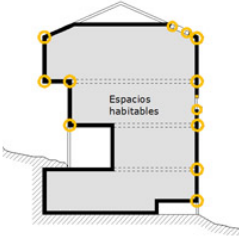
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

ϕ : W/mK ■

Longitud: m



Espacios habitables

Imatge 38: pont tèrmic de la façana secundaria PT16

Edificio Objeto

- Façana principal C/Samt Franc
- Façana secundaria
 - Finestra 4
 - Finestra 5
 - Finestra 6
 - Finestra 7
 - Finestra 8
 - PT Encuentro de fachada co
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
 - PT Contorno de hueco-Fine
 - PT Caja de Persiana-Finest
- Mur lateral 1
- Mur lateral 2
- Coberta
- Terra en contacte amb el terre
- Partició interior vertical corres
- Partició interior superior terra
- Partició interior superior terra

Envoltante térmica del edificio

☐ Cubierta
☐ Muro
☐ Suelo
☐ Partición interior
☐ Hueco/Lucernario
☒ Puente térmico Por defecto

Puente térmico

Nombre:

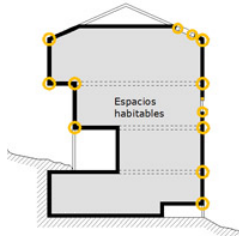
Parámetros generales

Tipo de puente térmico:

Cerramiento asociado:

ϕ : W/mK ■

Longitud: m



Espacios habitables

Imatge 39: pont tèrmic de la façana secundaria PT17

Imatge 40: pont tèrmic de la coberta PT18

Diagrama de un espacio habitable con una estructura de vigas y columnas. El espacio está etiquetado como "Espacios habitables".

Imatge 41: pont tèrmic de la coberta PT19

4. Instal·lacions

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 F
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsui
- Bomba de calor 5 Menjador 2 F
- Caldera calefacción i ACS**

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☐ Equipo de calefacción y refrigeración

☒ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo mixto de calefacción y ACS

Nombre:

Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción
Superficie (m2)	187.91	187.91
Porcentaje (%)	100	100

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional:

Potencia nominal: kW

Carga media real ómb: ?

Rendimiento de combustión: %

Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción): %

Aislamiento de la caldera:

☐ Con Acumulación

Imatge 44: definició instal·lació d'ACS i calefacció

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 F
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsui
- Bomba de calor 5 Menjador 2 F
- Caldera calefacción i ACS

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☒ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre:

Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	0.0	16.93
Porcentaje (%)	0	9.01

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional:

Antigüedad del equipo:

Calefacción: Rendimiento nominal %

Refrigeración: Rendimiento nominal %

Rendimiento medio estacional: %

Rendimiento medio estacional: %

Zonas:

Imatge 45: definició de les instal·lacions de climatització, bomba de calor 1

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 L
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsur
- Bomba de calor 5 Menjador2 F
- Caldera calefacción i ACS

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☒ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de calefacción y refrigeración

NombreBomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic
ZonaEdificio Objeto

Características

Tipo de generadorBomba de Calor
Tipo de combustibleElectricidad

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacionalEstimado según Instalación
Antigüedad del equipoEntre 1994 y 2013

Calefacción	Rendimiento nominal	305,5	%	Rendimiento medio estacional	199,5	%
Refrigeración	Rendimiento nominal	349,1	%	Rendimiento medio estacional	240,4	%

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	0,0	20,91
Porcentaje (%)	0	11,13

Zonas
Añadir
Modificar
Borrar
Vista clásica

Imatge 46: definició de les instal·lacions de climatització, bomba de calor 2

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 L
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsur
- Bomba de calor 5 Menjador2 F
- Caldera calefacción i ACS

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☒ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de calefacción y refrigeración

NombreBomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic
ZonaEdificio Objeto

Características

Tipo de generadorBomba de Calor
Tipo de combustibleElectricidad

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacionalEstimado según Instalación
Antigüedad del equipoEntre 1994 y 2013

Calefacción	Rendimiento nominal	305,5	%	Rendimiento medio estacional	199,5	%
Refrigeración	Rendimiento nominal	349,1	%	Rendimiento medio estacional	240,4	%

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	0,0	17,51
Porcentaje (%)	0	9,32

Zonas
Añadir
Modificar
Borrar
Vista clásica

Imatge 47: definició de les instal·lacions de climatització, bomba de calor 3

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 F
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsui**
- Bomba de calor 5 Menjador2 F
- Caldera calefacción ACS

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☒ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre:

Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="20.91"/>
Porcentaje (%)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="11.13"/>

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional:

Antigüedad del equipo:

	Rendimiento nominal	%	Rendimiento medio estacional	%
Calefacción	<input type="text" value="366.9"/>	%	<input type="text" value="239.6"/>	%
Refrigeración	<input type="text" value="330.1"/>	%	<input type="text" value="227.3"/>	%

Zonas
Añadir
Modificar
Borrar
Vista clásica

Imatge 48: definició de les instal·lacions de climatització, bomba de calor 4

Edificio Objeto

- Bomba de calor 1 Habitación 4 F
- Bomba de calor 2 Habitación 1 F
- Bomba de calor 3 Habitación 2 F
- Bomba de calor 4 Cocina Mitsui
- Bomba de calor 5 Menjador2 F**
- Caldera calefacción ACS

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS
 ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☒ Equipo de calefacción y refrigeración

☐ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre:

Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="26.19"/>
Porcentaje (%)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="13.94"/>

Rendimiento medio estacional

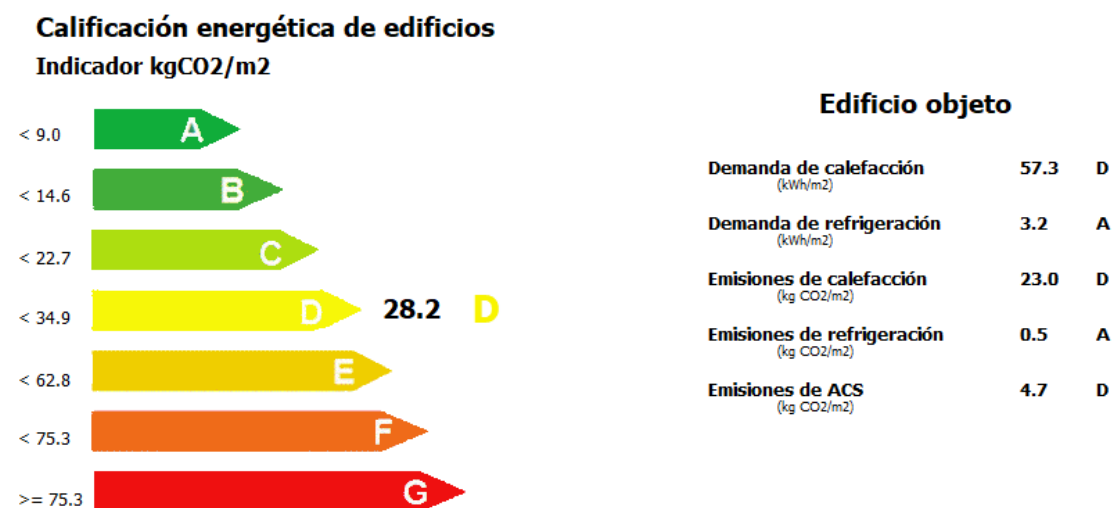
Rendimiento estacional:

Antigüedad del equipo:

	Rendimiento nominal	%	Rendimiento medio estacional	%
Calefacción	<input type="text" value="353.9"/>	%	<input type="text" value="231.1"/>	%
Refrigeración	<input type="text" value="314.8"/>	%	<input type="text" value="216.8"/>	%

Zonas
Añadir
Modificar
Borrar
Vista clásica

Imatge 49: definició de les instal·lacions de climatització, bomba de calor 5



Imatge 50: qualificació energètica obtinguda en el programa CE3X

Annex E: certificat energètic de l'edifici actual i resultat de les millores (nZEB)

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Edifici existent objecte d'estudi		
Dirección	Carrer Sant Francesc nº8		
Municipio	Castellbisbal	Código Postal	08755
Provincia	Barcelona	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	C2	Año construcción	2007
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	4919703DF1941N0001QF		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Jordi Martínez Rovira	NIF(NIE)	XXXXXXXXXX
Razón social	Treball de fi de grau: Estudi de viabilitat de les instal·lacions d'un edifici d'energia zero	NIF	XXXXXXXXXX
Domicilio	Carrer Sant Francesc nº8		
Municipio	Castellbisbal	Código Postal	08755
Provincia	Barcelona	Comunidad Autónoma	Cataluña
e-mail:	XXXXXXXX	Teléfono	XXXXXXXXXX
Titulación habilitante según normativa vigente	Graduat en enginyeria elèctrica		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/m² año]
133.7 D	28.2 D

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 09/05/2018

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.
 Anexo II. Calificación energética del edificio.
 Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
 Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
 BARCELONATECH
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	187.91
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Façana principal C/Samt Francesc	Fachada	36.0	0.69	Conocidas
Façana secundaria	Fachada	29.12	0.69	Conocidas
Mur lateral 1	Fachada	227.5	0.00	
Mur lateral 2	Fachada	227.5	0.00	
Coberta	Cubierta	59.9	0.64	Conocidas
Terra en contacte amb el terreny	Suelo	110.09	1.00	Por defecto
Partició interior vertical corresponen a la terrassa 2	Partición Interior	9.18	0.64	Conocidas
Partició interior superior terrassa 1	Partición Interior	17.9	0.77	Conocidas
Partició interior superior terrassa 2	Partición Interior	16.6	0.77	Conocidas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Finestra 1	Hueco	6.7	3.36	0.70	Estimado	Estimado
Finestra 2	Hueco	3.4	3.37	0.68	Estimado	Estimado
Finestra 3	Hueco	2.4	3.39	0.67	Estimado	Estimado
Finestra 4	Hueco	6.0	3.36	0.70	Estimado	Estimado
Finestra 5	Hueco	2.8	3.38	0.68	Estimado	Estimado
Finestra 6	Hueco	1.45	3.42	0.64	Estimado	Estimado
Finestra 7	Hueco	4.0	3.37	0.69	Estimado	Estimado

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Finestra 9	Lucernario	0.76	3.46	0.61	Estimado	Estimado
Finestra 10	Lucernario	0.76	3.46	0.61	Estimado	Estimado
Finestra 8	Hueco	5.13	3.36	0.69	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Bomba de calor 1 Habitació 4 Dasitsu	Bomba de Calor		235.7	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 2 Habitació 1 Panasonic	Bomba de Calor		199.5	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 3 Habitació 2 Panasonic	Bomba de Calor		199.5	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 4 Cuina Mitsunishi	Bomba de Calor		239.6	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		231.1	Electricidad	Estimado
Caldera calefacció i ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Bomba de calor 1 Habitació 4 Dasitsu	Bomba de Calor		221.0	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 2 Habitació 1 Panasonic	Bomba de Calor		240.4	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 3 Habitació 2 Panasonic	Bomba de Calor		240.4	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 4 Cuina Mitsunishi	Bomba de Calor		227.3	Electricidad	Estimado
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		216.8	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	112.0
---	--------------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Caldera calefacció i ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climàtica	C2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>< 9.0</div><div>9.0-14.6</div><div>14.6-22.7</div><div>22.7-34.9</div><div>34.9-62.5</div><div>62.5-75.3</div><div>≥ 75.3</div></div> <div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div>	28.2 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	D	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	D
		23.02		4.67	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
		0.49		-	
Emisiones globales [kgCO2/m² año]					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	0.49	92.81
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	27.69	5202.58

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>< 39.7 A</div><div>39.7-64.4 B</div><div>64.4-99.9 C</div><div>99.9-153.6 D</div><div>153.6-272.5 E</div><div>272.5-318.8 F</div><div>≥ 318.8 G</div></div>	133.7 D	CALEFACCIÓN		ACS		
		Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	D	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	D	
		108.71		22.03		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	-
			2.92		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div><19.7 A</div><div>19.7-32.0 B</div><div>32.0-49.5 C</div><div>49.5-76.2 D</div><div>76.2-125.7 E</div><div>125.7-147.0 F</div><div>≥ 147.0 G</div></div>	<div>57.3 D</div>	<div><div><3.9 A</div><div>3.9-6.4 B</div><div>6.4-9.9 C</div><div>9.9-15.2 D</div><div>15.2-18.3 E</div><div>18.3-22.5 F</div><div>≥ 22.5 G</div></div>	<div>3.2 A</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Conjunt de millores en l'aïllament de l'envolupant tèrmica

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ /m² año]	
 < 39.7 A 39.7-64.4 B 64.4-99.9 C 99.9-153.6 D 153.6-272.5 E 272.5-318.8 F ≥ 318.8 G	47.3 B	 < 9.0 A 9.0-14.8 B 14.8-22.7 C 22.7-34.9 D 34.9-62.8 E 62.8-75.3 F ≥ 75.3 G	9.8 B

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
 < 19.7 A 19.7-32.0 B 32.0-49.5 C 49.5-78.2 D 78.2-125.7 E 125.7-147.0 F ≥ 147.0 G	11.3 A	 < 3.9 A 3.9-6.4 B 6.4-9.9 C 9.9-15.2 D 15.2-18.3 E 18.3-22.5 F ≥ 22.5 G	4.2 B

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción			Refrigeración			ACS			Iluminación			Total		
	Valor		ahorro respecto a la situación original	Valor		ahorro respecto a la situación original	Valor		ahorro respecto a la situación original	Valor		ahorro respecto a la situación original	Valor		ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	17.95		80.4%	1.98		-32.5%	18.52		0.0%	-		-%	38.44		65.5%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	21.36	A	80.4%	3.86	A	-32.5%	22.03	D	0.0%	-	-	-%	47.26	B	64.6%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	4.52	A	80.4%	0.65	A	-32.5%	4.67	D	0.0%	-	-	-%	9.84	B	65.1%
Demanda [kWh/m² año]	11.25	A	80.4%	4.24	B	-32.5%									

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

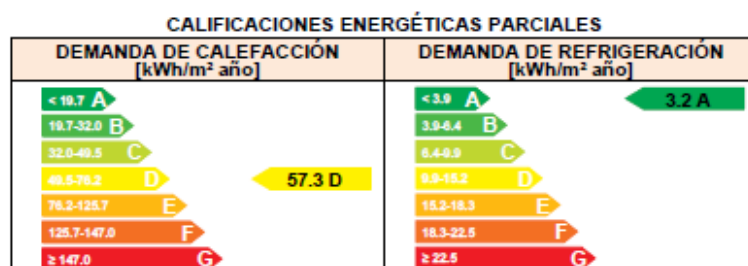
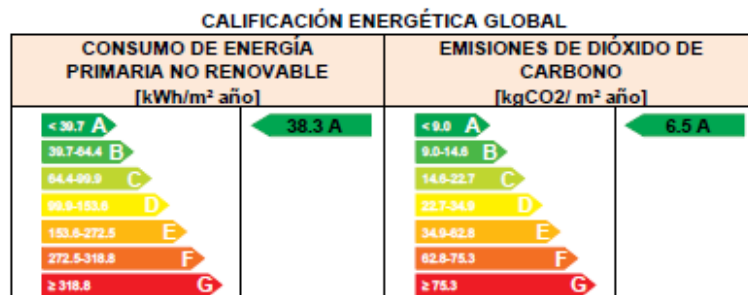
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

S'estableixen millores en els elements que formen l'envolupant tèrmica

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés

Millora calefacció, refrigeració i ACS

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	17.40	80.9%	1.38	7.6%	0.79	95.7%	-	-%	19.58	82.4%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	34.01	B 68.7%	2.69	A 7.6%	1.55	A 93.0%	-	-%	38.25	A 71.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	5.76	A 75.0%	0.46	A 7.6%	0.26	A 94.4%	-	-%	6.48	A 77.0%
Demanda [kWh/m² año]	57.28	D 0.0%	3.20	A 0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) S'estableixen millors en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
< 39.7 A	11.8 A	< 9.0 A	2.0 A
39.7-64.4 B		9.0-14.6 B	
64.4-99.9 C		14.6-22.7 C	
99.9-153.6 D		22.7-34.9 D	
153.6-272.5 E		34.9-62.8 E	
272.5-319.8 F		62.8-75.3 F	
≥ 319.8 G		≥ 75.3 G	

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
< 19.7 A	11.3 A	< 3.9 A	4.2 B
19.7-32.0 B		3.9-6.4 B	
32.0-49.5 C		6.4-9.9 C	
49.5-76.2 D		9.9-15.2 D	
76.2-125.7 E		15.2-18.3 E	
125.7-147.0 F		18.3-22.5 F	
≥ 147.0 G		≥ 22.5 G	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	3.42	96.3%	1.83	-22.4%	0.79	95.7%	-	-%	6.04	94.6%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	6.68 A	93.9%	3.57 A	-22.4%	1.55 A	93.0%	-	-%	11.80 A	91.2%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	1.13 A	95.1%	0.60 A	-22.4%	0.26 A	94.4%	-	-%	2.00 A	92.9%
Demanda [kWh/m² año]	11.25 A	80.4%	4.24 B	-32.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés

Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica + generació elèctrica
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
< 39.7 A	0.0 A	< 9.0 A	0.0 A
39.7-64.4 B		9.0-14.6 B	
64.4-99.9 C		14.6-22.7 C	
99.9-153.6 D		22.7-34.9 D	
153.6-272.5 E		34.9-62.6 E	
272.5-318.8 F		62.6-75.3 F	
≥ 318.8 G		≥ 75.3 G	

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
< 19.7 A	11.3 A	< 3.9 A	4.2 B
19.7-32.0 B		3.9-6.4 B	
32.0-49.5 C		6.4-9.9 C	
49.5-78.2 D		9.9-15.2 D	
78.2-125.7 E		15.2-18.3 E	
125.7-147.0 F		18.3-22.5 F	
≥ 147.0 G		≥ 22.5 G	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	3.42	96.3%	1.83	-22.4%	0.79	95.7%	-	-%	-25.99	123.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	6.68 A	93.9%	3.57 A	-22.4%	1.55 A	93.0%	-	-%	0.00 A	100.0%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	1.13 A	95.1%	0.60 A	-22.4%	0.26 A	94.4%	-	-%	0.00 A	100.0%
Demanda [kWh/m² año]	11.25 A	80.4%	4.24 B	-32.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica + generació elèctrica a partir de fonts renovables

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Conjunt de millores en l'aïllament de l'envolupant tèrmica

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) S'estableixen millores en els elements que formen l'envolupant tèrmica
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/m² año]

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	17.95	80.4%	1.98	-32.5%	18.52	0.0%	-	-%	38.44	65.5%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	21.36	A 80.4%	3.86	A -32.5%	22.03	D 0.0%	-	-%	47.26	B 64.6%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	4.52	A 80.4%	0.65	A -32.5%	4.67	D 0.0%	-	-%	9.84	B 65.1%
Demanda [kWh/m² año]	11.25	A 80.4%	4.24	B -32.5%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Façana principal C/Samt Francesc	Fachada	36.00	0.69	36.00	0.29
Façana secundaria	Fachada	29.12	0.69	29.12	0.29
Mur lateral 1	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Mur lateral 2	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Coberta	Cubierta	59.90	0.64	59.90	0.23
Terra en contacte amb el terreny	Suelo	110.09	1.00	110.09	1.00
Partició interior vertical corresponen a la terrassa 2	Partición Interior	9.18	0.64	9.18	0.64
Partició interior superior terrassa 1	Partición Interior	17.90	0.77	17.90	0.77
Partició interior superior terrassa 2	Partición Interior	16.60	0.77	16.60	0.77

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Finestra 1	Hueco	6.70	3.36	3.30	6.70	1.62	1.60
Finestra 2	Hueco	3.40	3.37	3.30	3.40	1.62	1.60
Finestra 3	Hueco	2.40	3.39	3.30	2.40	1.63	1.60
Finestra 4	Hueco	6.00	3.36	3.30	6.00	1.62	1.60
Finestra 5	Hueco	2.80	3.38	3.30	2.80	1.62	1.60
Finestra 6	Hueco	1.45	3.42	3.30	1.45	1.63	1.60
Finestra 7	Hueco	4.00	3.37	3.30	4.00	1.62	1.60
Finestra 9	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	1.64	1.60
Finestra 10	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	1.64	1.60
Finestra 8	Hueco	5.13	3.36	3.30	5.13	1.62	1.60

INSTALACIONES TÉRMICAS
Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		235.7%	-	Bomba de Calor		235.7%	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	Bomba de Calor		199.5%	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	Bomba de Calor		199.5%	-	-
Bomba de calor 4 Cuina Mitsunishi	Bomba de Calor		239.6%	-	Bomba de Calor		239.6%	-	-
Bomba de calor 5 Menjador 2 Fujitsu	Bomba de Calor		231.1%	-	Bomba de Calor		231.1%	-	-
Caldera calefacció ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		221.0%	-	Bomba de Calor		221.0%	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	Bomba de Calor		240.4%	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	Bomba de Calor		240.4%	-	-
Bomba de calor 4 Cocina Mitsunishi	Bomba de Calor		227.3%	-	Bomba de Calor		227.3%	-	-
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		216.8%	-	Bomba de Calor		216.8%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Caldera calefacción ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Millora calefacció, refrigeració i ACS

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) S'estableixen millores en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
38.25 A	6.48 A

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
57.28 D	3.2 A

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacci3n		Refrigeraci3n		ACS		Il·luminaci3n		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original
Consumo Energía final [kWh/m² ańo]	17.40	80.9%	1.38	7.6%	0.79	95.7%	-	-%	19.58	82.4%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² ańo]	34.01	B 68.7%	2.69	A 7.6%	1.55	A 93.0%	-	-%	38.25	A 71.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² ańo]	5.76	A 75.0%	0.46	A 7.6%	0.26	A 94.4%	-	-%	6.48	A 77.0%
Demanda [kWh/m² ańo]	57.28	D 0.0%	3.20	A 0.0%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Façana principal C/Samt Francesc	Fachada	36.00	0.69	36.00	0.69
Façana secundaria	Fachada	29.12	0.69	29.12	0.69
Mur lateral 1	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Mur lateral 2	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Coberta	Cubierta	59.90	0.64	59.90	0.64
Terra en contacte amb el terreny	Suelo	110.09	1.00	110.09	1.00
Partici3n interior vertical corresponen a la terrassa 2	Partici3n Interior	9.18	0.64	9.18	0.64
Partici3n interior superior terrassa 1	Partici3n Interior	17.90	0.77	17.90	0.77
Partici3n interior superior terrassa 2	Partici3n Interior	16.60	0.77	16.60	0.77

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Finestra 1	Hueco	6.70	3.36	3.30	6.70	3.36	3.30
Finestra 2	Hueco	3.40	3.37	3.30	3.40	3.37	3.30
Finestra 3	Hueco	2.40	3.39	3.30	2.40	3.39	3.30
Finestra 4	Hueco	6.00	3.36	3.30	6.00	3.36	3.30
Finestra 5	Hueco	2.80	3.38	3.30	2.80	3.38	3.30
Finestra 6	Hueco	1.45	3.42	3.30	1.45	3.42	3.30
Finestra 7	Hueco	4.00	3.37	3.30	4.00	3.37	3.30
Finestra 9	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	3.46	3.30
Finestra 10	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	3.46	3.30
Finestra 8	Hueco	5.13	3.36	3.30	5.13	3.36	3.30

INSTALACIONES TÉRMICAS
Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		235.7%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 4 Cucina Mitsubishi	Bomba de Calor		239.6%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 5 Menjador 2 Fujitsu	Bomba de Calor		231.1%	-	-	-	-	-	-
Caldera calefacción ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		329.1%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimació n Energía Consumi da anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimient o estacional post mejora	Estimació n Energía Consumi da anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		(kW)	(%)	(kWh/año)		(kW)	(%)	(kWh/año)	(kWh/año)
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		221.0%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 4 Cocina Mitsunishi	Bomba de Calor		227.3%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		216.8%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		232.1%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimació n Energía Consumi da anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimient o estacional post mejora	Estimació n Energía Consumi da anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		(kW)	(%)	(kWh/año)		(kW)	(%)	(kWh/año)	(kWh/año)
Caldera calefacción i ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		511.4%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

ENERGÍAS RENOVABLES
Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
-	-	-	-	-
TOTALES	-	-	-	-

Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Incorporación de sistema de energía solar térmica para ACS	0	0	76.8	-
TOTALES	-	-	76.8	-

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica
Coste estimado de la medida
-
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
11.8 A	2.0 A

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
11.25 A	4.24 B

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacci3n		Refrigeraci3n		ACS		Iluminaci3n		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original
Consumo Energía final [kWh/m² ańo]	3.42	96.3%	1.83	-22.4%	0.79	95.7%	-	-%	6.04	94.6%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² ańo]	6.68	A 93.9%	3.57	A -22.4%	1.55	A 93.0%	-	-%	11.80	A 91.2%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² ańo]	1.13	A 95.1%	0.60	A -22.4%	0.26	A 94.4%	-	-%	2.00	A 92.9%
Demanda [kWh/m² ańo]	11.25	A 80.4%	4.24	B -32.5%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Façana principal C/Samt Francesc	Fachada	36.00	0.69	36.00	0.29
Façana secundaria	Fachada	29.12	0.69	29.12	0.29
Mur lateral 1	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Mur lateral 2	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Coberta	Cubierta	59.90	0.64	59.90	0.23
Terra en contacte amb el terreny	Suelo	110.09	1.00	110.09	1.00
Partici3n interior vertical corresponen a la terrassa 2	Partici3n Interior	9.18	0.64	9.18	0.64
Partici3n interior superior terrassa 1	Partici3n Interior	17.90	0.77	17.90	0.77
Partici3n interior superior terrassa 2	Partici3n Interior	16.60	0.77	16.60	0.77

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Finestra 1	Hueco	6.70	3.36	3.30	6.70	1.62	1.60
Finestra 2	Hueco	3.40	3.37	3.30	3.40	1.62	1.60
Finestra 3	Hueco	2.40	3.39	3.30	2.40	1.63	1.60
Finestra 4	Hueco	6.00	3.36	3.30	6.00	1.62	1.60
Finestra 5	Hueco	2.80	3.38	3.30	2.80	1.62	1.60
Finestra 6	Hueco	1.45	3.42	3.30	1.45	1.63	1.60
Finestra 7	Hueco	4.00	3.37	3.30	4.00	1.62	1.60
Finestra 9	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	1.64	1.60
Finestra 10	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	1.64	1.60
Finestra 8	Hueco	5.13	3.36	3.30	5.13	1.62	1.60

INSTALACIONES TÉRMICAS
Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		235.7%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 4 Cuina Mitsunishi	Bomba de Calor		239.6%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		231.1%	-	-	-	-	-	-
Caldera calefacció ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-	-	-	-	-
Calefacció, refrigeraci3 y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		329.1%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		221.0%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 4 Cocina Mitsubishi	Bomba de Calor		227.3%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		216.8%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		232.1%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Caldera calefacción I ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		511.4%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

ENERGÍAS RENOVABLES
Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
-	-	-	-	-
TOTALES	-	-	-	-

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Incorporación de sistema de energía solar térmica para ACS	-	-	76.8	-
TOTALES	-	-	76.8	-

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica + generació elèctrica

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Millora en l'envolupant tèrmica + millora en les instal·lacions de generació d'energia tèrmica + generació elèctrica a partir de fonts renovables
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/m² año]

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacci3n		Refrigeraci3n		ACS		Il·luminaci3n		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original	Valor	ahorro respecto a la situaci3n original
Consumo Energía final [kWh/m² ańo]	3.42	96.3%	1.83	-22.4%	0.79	95.7%	-	-%	-25.99	123.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² ańo]	6.68	A 93.9%	3.57	A -22.4%	1.55	A 93.0%	-	-	0.00	A 100.0%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² ańo]	1.13	A 95.1%	0.60	A -22.4%	0.26	A 94.4%	-	-	0.00	A 100.0%
Demanda [kWh/m² ańo]	11.25	A 80.4%	4.24	B -32.5%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Façana principal C/Samt Francesc	Fachada	36.00	0.69	36.00	0.29
Façana secundaria	Fachada	29.12	0.69	29.12	0.29
Mur lateral 1	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Mur lateral 2	Fachada	227.50	0.00	227.50	0.00
Coberta	Cubierta	59.90	0.64	59.90	0.23
Terra en contacte amb el terreny	Suelo	110.09	1.00	110.09	1.00
Partici3n interior vertical corresponen a la terrassa 2	Partici3n Interior	9.18	0.64	9.18	0.64
Partici3n interior superior terrassa 1	Partici3n Interior	17.90	0.77	17.90	0.77
Partici3n interior superior terrassa 2	Partici3n Interior	16.60	0.77	16.60	0.77

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Finestra 1	Hueco	6.70	3.36	3.30	6.70	1.62	1.60
Finestra 2	Hueco	3.40	3.37	3.30	3.40	1.62	1.60
Finestra 3	Hueco	2.40	3.39	3.30	2.40	1.63	1.60
Finestra 4	Hueco	6.00	3.36	3.30	6.00	1.62	1.60
Finestra 5	Hueco	2.80	3.38	3.30	2.80	1.62	1.60
Finestra 6	Hueco	1.45	3.42	3.30	1.45	1.63	1.60
Finestra 7	Hueco	4.00	3.37	3.30	4.00	1.62	1.60
Finestra 9	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	1.64	1.60
Finestra 10	Lucernario	0.76	3.46	3.30	0.76	1.64	1.60
Finestra 8	Hueco	5.13	3.36	3.30	5.13	1.62	1.60

INSTALACIONES TÉRMICAS
Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		235.7%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		199.5%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 4 Cucina Mitsunishi	Bomba de Calor		239.6%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		231.1%	-	-	-	-	-	-
Caldera calefacción i ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		329.1%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Bomba de calor 1 Habitación 4 Dasitsu	Bomba de Calor		221.0%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 2 Habitación 1 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 3 Habitación 2 Panasonic	Bomba de Calor		240.4%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 4 Cucina Mitsubishi	Bomba de Calor		227.3%	-	-	-	-	-	-
Bomba de calor 5 Menjador2 Fujitsu	Bomba de Calor		216.8%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		232.1%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Caldera calefacción ACS	Caldera Baja Temperatura	31.25	62.7%	-	-	-	-	-	-
Calefacción, refrigeración y ACS	-	-	-	-	Bomba de Calor		511.4%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

ENERGÍAS RENOVABLES
Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
-	-	-	-	-
TOTALES	-	-	-	-

Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Incorporación de sistema de energía solar térmica para ACS	-	-	76.8	-
TOTALES	-	-	76.8	-

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]	Energía eléctrica generada y autoconsumida post mejora [kWh/año]
Incorporación de sistema de energía solar térmica para ACS	-	9961.07
TOTALES	-	9961.07

Annex F: característiques tècniques dels equips escollits

Aïllament tèrmic

Planchas de Poliuretano D/35

DESCRIPCIÓN

- Planchas de espuma rígida de poliuretano cortadas y mecanizadas a partir de un bloque del material.

APLICACIONES

- Aislamiento térmico para la construcción de camiones frigoríficos.
- Aislamiento térmico de suelos de cámaras frigoríficas y de túneles de congelación.
- Aislamiento térmico en paneles sándwich con chapa metálica, poliéster, madera, fibrocemento, etc.
- Intervalo de temperatura de trabajo: 70°C hasta temperaturas negativas.

VENTAJAS

- Menor espesor de aislamiento gracias al bajo coeficiente de conductividad térmica de la espuma de poliuretano.
- Prácticamente nula absorción de agua gracias a la estructura de celda cerrada del polímero
- Paneles de gran rigidez y poco peso.
- Facilidad de mecanizado y corte.

PRESENTACIÓN

- Planchas de 2500 x 1000 mm y 2000 x 1000 mm, en cualquier espesor.
- Otras dimensiones consultar.

CARACTERÍSTICAS

	NORMA ENSAYO	UNIDADES	VALORES ESPECIFICADOS
Densidad	UNE-EN 1602	kg/m ³	35 ± 2
Coefficiente conductividad térmica, $\lambda_{25\pm 10^\circ\text{C}}$	UNE-EN 12667	W/m·K	0,023
Resistencia a la compresión	UNE-EN 826	kPa	$\parallel \rightarrow 180 \pm 50$ $\perp \rightarrow 100 \pm 30$
Reacción al fuego	ASTM D-1692	-	AE

Captador solar tèrmic Vaillant



Captador solar

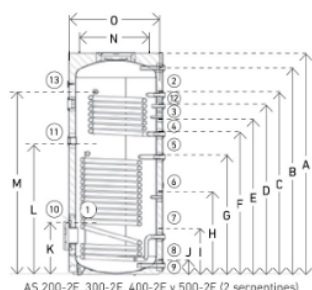
Las características propias de los sistemas drainback hacen recomendable el uso de captadores solares diseñados exclusivamente para las mismas. El captador solar auroTHERM VFK 135 VD cumple a la perfección con las especificaciones requeridas por un sistema de estas características.

Datos técnicos del captador auroSTEP plus	
Modelo de captador Descripción: Contraseña de certificación Área bruta / Área de apertura Largo / Ancho / Espesor Rendimiento óptico η^0 (según EN 12975) Coef. lineal de pérdidas térmicas a^1 Coef. cuadrático de pérd. térmicas a^2 Temperatura de estancamiento T^0 Cubierta Material de la carcasa Material del serpentín Material del absorbedor Aislamiento posterior Presión máxima de operación Pérdida de carga* Peso en vacío Número de conexiones y diámetro	auroTHERM VFK 135 VD Plano con cubierta. Estructura de serpentín con 4 tomas Especial para funcionamiento drain-back. Posición vertical NPS-24008 $2,510 \text{ m}^2 / 2,352 \text{ m}^2$ $2.033 \text{ mm} / 1,233 \text{ mm} / 80 \text{ mm}$ $0,801$ $3,761 \text{ w} / (\text{m}^2 \text{ K})$ $0,012 \text{ w} / (\text{m}^2 \text{ K}^2)$ $175,9 \text{ }^\circ\text{C}$ $3,2 \text{ mm}$ vidrio solar de seguridad ($\tau=91\%$) Aluminio anodizado, marco oscuro Cobre soldado a la lámina absorbidora Aluminio con recubrimiento altamente selectivo $\varepsilon = 5\% / \alpha = 95\%$ 40 mm lana mineral $\lambda = 0,035 \text{ (W} / \text{m}^2 \text{ K)} / \rho = 55 \text{ kg} / \text{m}^3$ 10 bar 250 mbar 37 kg $4 \text{ tomas} \times \varnothing \text{ ext. } 10 \text{ mm}$

(*) Para el caudal recomendado ($45 \text{ L/h}\cdot\text{m}^2 = 105,84 \text{ L/h}$) y usando el líquido solar Vaillant como fluido de trabajo (propilenglicol al 45%)

Acumulador ACS Baixi AS 300-2E

AS 300-2E		
Volumen ACS	l	300
Tipo de intercambiador		2 serpentines
Superficie serpentín inferior	m ²	1,00
Volumen serpentín inferior	l	10,10
Superficie serpentín superior	m ²	1,50
Volumen serpentín superior	l	6,70
Instalación		Vertical
Presión máx. primario	bar	10
Temp. máx. primario	°C	110
Presión máx. secundario	bar	10
Temp. máx. secundario	°C	95
Clase de eficiencia energética		C
Peso en vacío	kg	128



1. Ánodo de sacrificio 1 ánodo (AS 200) y 2 ánodos (AS 300-500)
2. Ida caldera apoyo 1" Gas/H
3. Sonda T. caldera Ø 16 mm int.
4. Retorno caldera 1" Gas/H
5. Ida colector solar 1" Gas/H
6. Sonda T. solar Ø 16 mm int.
7. Retorno colector solar 1" Gas/H
8. Entrada agua fría 1" Gas/H
9. Vaciado 1" Gas/H
10. Boca inspección Ø 100
11. Resistencia eléctrica 1 1/2" Gas/H
12. Recirculación 3/4" Gas/H
13. Termómetro Ø 10 mm int.
14. Salida agua caliente 1" Gas/H

		AS 200-2E	AS 300-2E	AS 400-2E	AS 500-2E
A	mm	1.423	1.796	1.672	1.786
B	mm	1.325	1.694	1.560	1.666
C	mm	1.170	1.487	1.309	1.448
D	mm	1.080	1.397	1.219	1.358
E	mm	990	1.307	1.129	1.268
F	mm	900	1.127	994	1.133
G	mm	753	887	859	948
H	mm	520	587	572	625
I	mm	287	286	305	303
J	mm	71	71	67	71
K	mm	322	284	296	285
L	mm	830	992	994	1.078
M	mm	1.011	1.384	1.260	1.376
N	mm	500	500	600	650
O	mm	610	610	710	760

Equip d'aerotèrmia Daikin

Compost per: ERLQ004CV3 (unitat exterior), EHBX04CB3V (unitat interior) i EKRUCBS



DAIKIN ALTHERMA BIBLOC SOBREPOTENCIADA (DISEÑO MURAL)

Bomba de Calor aerotèrmica para producción de aire acondicionado, calefacción y agua caliente sanitaria (Unidad exterior para climas con bajas temperaturas)

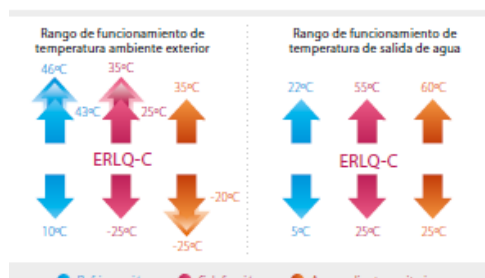


UNIDADES EXTERIORES SOBREPOTENCIADA MONOFASICAS				ERLQ004CV3	ERLQ006CV3	ERLQ008CV3	ERLQ011CV3	ERLQ014CV3	ERLQ016CV3
Temperatura ambiente	impulsión								
Calefacción	7	45	Capacidad Nominal/Consumo	4,03 / 1,13	5,67 / 1,59	6,89 / 2,01	10,98 / 3,15	13,57 / 4,12	15,20 / 4,60
			COP	3,58	3,56	3,42	3,48	3,29	3,30
	7	35	Capacidad Nominal/Consumo	4,40 / 0,87	6,00 / 1,27	7,40 / 1,66	11,20 / 2,41	14,00 / 3,14	16,00 / 3,72
Refrigeración	35	7	Capacidad Nominal/Consumo	5,04	4,74	4,45	4,65	4,46	4,30
			COP	4,17 / 1,80	4,84 / 2,07	5,36 / 2,34	11,72 / 4,22	12,55 / 5,0	13,12 / 5,65
	35	18	Capacidad Nominal/Consumo	2,32	2,34	2,29	2,78	2,51	2,32
Refrigerante R-410A			EER	5,00 / 1,48	6,76 / 1,96	6,86 / 2,01	15,05 / 4,44	16,06 / 5,33	16,76 / 6,06
			Capacidad Nominal/Consumo	3,37	3,45	3,42	3,39	3,01	2,76
			EER	1,5 / 3,1 / 2,087,5	1,6 / 3,3 / 2,087,5	1,6 / 3,3 / 2,087,5	3,4 / 7,1 / 2,087,5	3,4 / 7,1 / 2,087,5	3,4 / 7,1 / 2,087,5
Dimensiones	ALxAn.xF.	mm		735 x 832 x 307	735 x 832 x 307	735 x 832 x 307	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320
Peso		Kg		54	56	56	113	113	113
Compresor				SWING	SWING	SWING	SCROLL	SCROLL	SCROLL
Potencia sonora	Refrig. / Calef.	dB(A)		63 / 61	63 / 61	63 / 62	64 / 64	66 / 64	69 / 66
Presión sonora	Refrig. / Calef. / Modo silencioso	dB(A)		48 / 48	49 / 48	50 / 49	50 / 51 / 45	52 / 51 / 45	54 / 52 / 46
Alimentación eléctrica				I / 220 V (monofásico)	I / 220 V (monofásico)	I / 220 V (monofásico)	I / 220 V (monofásico)	I / 220 V (monofásico)	I / 220 V (monofásico)
Conexión Refrigerante				Ø 1/4" - Ø 5/8"	Ø 1/4" - Ø 5/8"	Ø 1/4" - Ø 5/8"	Ø 3/8" - Ø 5/8"	Ø 3/8" - Ø 5/8"	Ø 3/8" - Ø 5/8"
Distancias líneas refrigerante				3<d<30	3<d<30	3<d<30	3<d<50	3<d<50	3<d<50
Clase de eficiencia energética 55°C LOT1				A++	A+	A++	A+	A+	A+
Clase de eficiencia energética 35°C LOT1				A++	A++	A++	A++	A++	A++

UNIDADES EXTERIORES SOBREPOTENCIADA TRIFASICAS				ERLQ011CW1	ERLQ014CW1	ERLQ016CW1
Temperatura ambiente	impulsión					
Calefacción	7	45	Capacidad Nominal/Consumo	10,30 / 2,96	13,10 / 3,98	15,20 / 4,62
			COP	3,48	3,29	3,29
	7	35	Capacidad Nominal/Consumo	11,20 / 2,41	14,00 / 3,14	16,00 / 3,72
Refrigeración	35	7	Capacidad Nominal/Consumo	4,65	4,46	4,30
			COP	11,72 / 4,22	12,55 / 5,0	13,12 / 5,65
	35	18	Capacidad Nominal/Consumo	2,78	2,51	2,32
Refrigerante R-410A			EER	15,05 / 4,44	16,06 / 5,33	16,76 / 6,06
			Capacidad Nominal/Consumo	3,39	3,01	2,76
			EER	3,4 / 7,1 / 2,087,5	3,4 / 7,1 / 2,087,5	3,4 / 7,1 / 2,087,5
Dimensiones	ALxAn.xF.	mm		1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320
Peso		Kg		114	114	114
Compresor				SCROLL	SCROLL	SCROLL
Potencia sonora	Refrig. / Calef.	dB(A)		64 / 64	66 / 64	69 / 66
Presión sonora	Refrig. / Calef.	dB(A)		50 / 51	52 / 51	54 / 52
Alimentación eléctrica				III / 380 V (trifásico)	III / 380 V (trifásico)	III / 380 V (trifásico)
Conexión Refrigerante				Ø 3/8" - Ø 5/8"	Ø 3/8" - Ø 5/8"	Ø 3/8" - Ø 5/8"
Distancias líneas refrigerante				3<d<50	3<d<50	3<d<50
Clase de eficiencia energética 55°C LOT1				A+	A+	A+
Clase de eficiencia energética 35°C LOT1				A++	A++	A++

UNIDADES INTERIORES (HIDROKIT)			EHBX04CB3V		EHBX08CB3V		EHBX11CB3V		EHBX16CB3V					
CON UNIDADES EXTERIORES MODELOS:			ERLQ004CV3		ERLQ006CV3		ERLQ008CV3		ERLQ011CV3		ERLQ014CV3		ERLQ016CV3	
Dimensiones	AlxAnxF.	mm	890 x 480 x 344		890 x 480 x 344		890 x 480 x 344		890 x 480 x 344		890 x 480 x 344		890 x 480 x 344	
Peso		Kg	44		46		46		43		45		45	
Presión sonora	Refrig. / Calef.	dB(A)	26 / 26		26 / 26		26 / 26		27 / 27		33 / 33		33 / 33	
Diámetro tubería agua		Pulgadas	1-1/4"		1-1/4"		1-1/4"		1-1/4"		1-1/4"		1-1/4"	

Nota: Referencias disponibles para unidades interiores monofásico: 008 (resistencia de apoyo de 3 kW y 6 kW); 016 (resistencia de apoyo de 3 kW y 6 kW); trifásico: 008 (resistencia de apoyo de 6 kW); 016 (resistencia de apoyo de 6 kW).



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Mòdul fotovoltaic Solar World 300 Mono**Sunmodule⁺ Plus
SW 290 / 300 MONO****PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)***

		SW 290	SW 300
Maximum power	P_{max}	290 Wp	300 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	39.6 V	40.0 V
Maximum power point voltage	U_{mp}	31.9 V	32.6 V
Short circuit current	I_{sc}	9.75 A	9.83 A
Maximum power point current	I_{mp}	9.20 A	9.31 A
Module efficiency	η_{stc}	17.30 %	17.89 %

Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled, ID 000003935)*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5**PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5**

		SW 290	SW 300
Maximum power	P_{max}	279.6 Wp	226.7 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	36.7 V	37.0 V
Maximum power point voltage	U_{mp}	29.5 V	30.2 V
Short circuit current	I_{sc}	7.99 A	8.06 A
Maximum power point current	I_{mp}	7.43 A	7.52 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 97% (+/-3%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.**PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION**

Power sorting	-0 Wp / +10 Wp
Maximum system voltage IEC	1000 V
Maximum reverse current	25 A
Number of bypass diodes	3
Operating range	-40°C - +85°C
Maximum Design Loads (Two rail system)*	+5.4 kN/m ² / -3.1 kN/m ²
Maximum Design Loads (Three rail system)*	+8.5 kN/m ² / -3.1 kN/m ²

*Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline PERC
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	Tempered safety glass (EN 12150)
Back	Film, white
Frame	Black anodized aluminum
J-Box	IP65
Connector	Amphenol H4 LTX

DIMENSIONS / WEIGHT

Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Weight	18.0 kg

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TK I_{sc}	0.070 %/K
TK U_{oc}	-0.29 %/K
TK P_{max}	-0.39 %/K

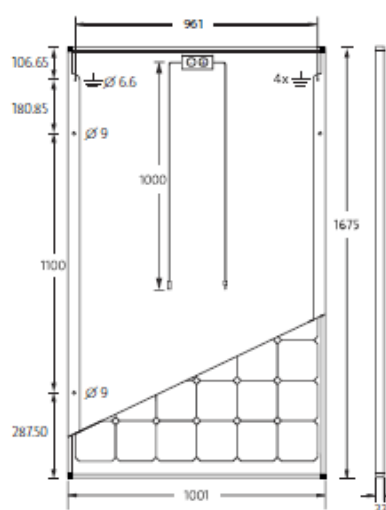
ORDERING INFORMATION

Order number	Description
82000482	Sunmodule Plus SW 290 mono
82000432	Sunmodule Plus SW 300 mono

**OFFICIAL DISTRIBUTOR**

SunFields Europe | info@sfe-solar.com | www.sfe-solar.com

SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice. This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

**CERTIFICATES AND WARRANTIES**

Certificates	IEC 61730	IEC 61215	UL 1703
	IEC 62716	IEC 60068-2-68	IEC 61701
Warranties	Product Warranty	20 years	
	Linear Performance Guarantee	25 years	

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Inversor – regulador Fronius primo 6.01**DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)**

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ max\ 1} / I_{dc\ max\ 2}$)	12 A / 12 A	18 A / 18 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)	18 A / 18 A	27 A / 27 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ min}$)	80 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	80 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc\ n}$)	710 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ max}$)	1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$)	240 - 800 V		270 - 800 V
Número de seguidores MPP	2		
Número de entradas CC	2 + 2		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ max}$)	7,5 kW _{pm}	9,0 kW _{pm}	12,3 kW _{pm}
DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac\ n}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acompañamiento a la red (rango de tensión)	1 - NFE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)		
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %		
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac\ n}$)	0,85 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm		
Peso	21,5 kg		
Tipo de protección	IP 65		
Clase de protección	1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3		
Consumo nocturno	< 1 W		
Concepto de inversor	Sin transformador		
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C		
Humedad de aire admisible	0 - 100 %		
Máxima altitud	4.000 m		
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,1 %	97,3 %	97,5 %
η con 5 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	84,6 / 86,5 / 86,0 %	85,5 / 89,6 / 88,5 %
η con 10 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	89,6 / 94,8 / 93,1 %	90,5 / 95,5 / 94,6 %	92,2 / 96,0 / 94,8 %
η con 20 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	93,4 / 97,2 / 96,2 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,9 / 97,4 / 97,2 %
η con 25 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	94,1 / 97,3 / 96,8 %	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,5 / 97,7 / 97,6 %
η con 30 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,1 / 97,6 / 97,3 %	95,8 / 97,9 / 97,7 %
η con 50 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	95,8 / 97,9 / 97,7 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %	96,3 / 98,0 / 98,0 %
η con 75 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	96,1 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 98,0 %	96,3 / 98,1 / 97,9 %
η con 100 % $P_{ac\ n}$ ¹⁾	96,2 / 97,9 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,7 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %		
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC	Sí		
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia		
Seccionador CC	Sí		
Protección contra polaridad inversa	Sí		

Bateries Rolls S-480



PLATE HEIGHT:	293 mm	11.550 Inches
PLATE WIDTH:	143 mm	5.625 Inches
THICKNESS (POSITIVE):	4.32 mm	0.170 Inches
THICKNESS (NEGATIVE):	3.05 mm	0.120 Inches

COLD CRANK AMPS (CCA):	0°F / -17.8°C	1151
MARINE CRANK AMPS (MCA):	32°F / 0°C	1440
RESERVE CAPACITY (RC @ 25A):		814 Minutes

CAPACITY 375 AH

HOUR RATE:	SPECIFIC GRAVITY	CAPACITY / AMP HOUR	CURRENT / AMPS
@ 100 HOUR RATE	1.280	486	4.86
@ 72 HOUR RATE	1.280	459	6.38
@ 50 HOUR RATE	1.280	438	8.76
@ 24 HOUR RATE	1.280	386	16.09
@ 20 HOUR RATE	1.280	375	18.75
@ 15 HOUR RATE	1.280	352	23.45
@ 12 HOUR RATE	1.280	334	27.81
@ 10 HOUR RATE	1.280	319	31.88
@ 8 HOUR RATE	1.280	300	37.50
@ 6 HOUR RATE	1.280	278	46.25
@ 5 HOUR RATE	1.280	263	52.50
@ 4 HOUR RATE	1.280	244	60.94
@ 3 HOUR RATE	1.280	221	73.75
@ 2 HOUR RATE	1.280	191	95.63
@ 1 HOUR RATE	1.280	135	135.00

Ampere Hour capacity ratings based on specific gravities of 1.280. Reduce capacities 5% for 1.265 specific gravity and 10% for specific gravities of 1.250

WWW.ROLLSBATTERY.COM

SPEC 01

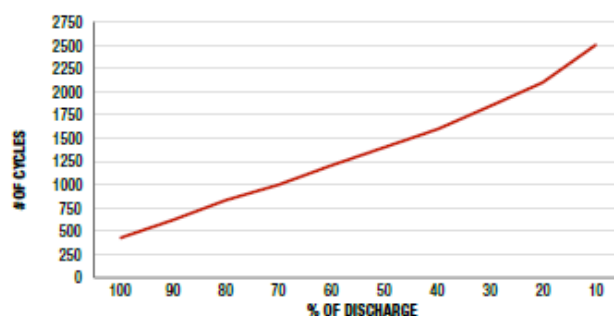
CONTAINER:	High Density Polypropylene
COVER:	High Density Polypropylene
TERMINALS:	Flag M
HANDLES:	Rope

WEIGHT DRY:	37 kg	81 Lbs.
WEIGHT WET:	51 kg	113 Lbs.
LENGTH:	318 mm	12 1/2 Inches
WIDTH:	181 mm	7 1/8 Inches
HEIGHT:	425 mm	16 3/4 Inches

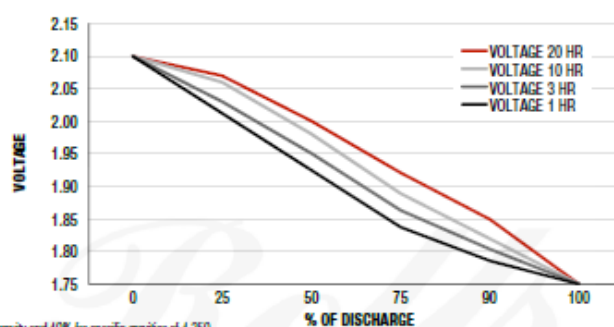
CELLS:	15 Plates/Cell	3 Cell
SEPARATOR THICKNESS:	2 mm	0.061 Inches
GLASS MAT INSULATION:	1 mm	0.02 Inches
ELECTROLYTE RESERVE ABOVE PLATES	57 mm	2.25 Inches



CYCLE LIFE VS. DEPTH OF DISCHARGE



VOLTAGE VS. DEPTH OF DISCHARGE



SURRETTE BATTERY COMPANY 1 STATION RD SPRINGHILL, NS CANADA B0M 1X0

13-12-01 REV. 1



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

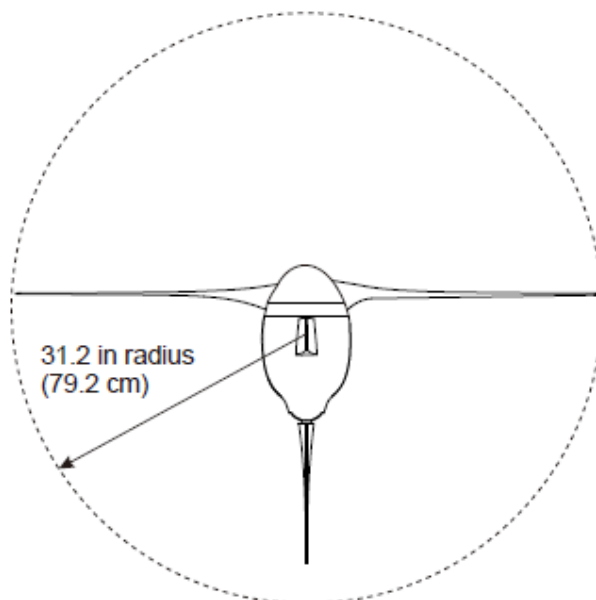
Aerogenerador

TECHNO SUN

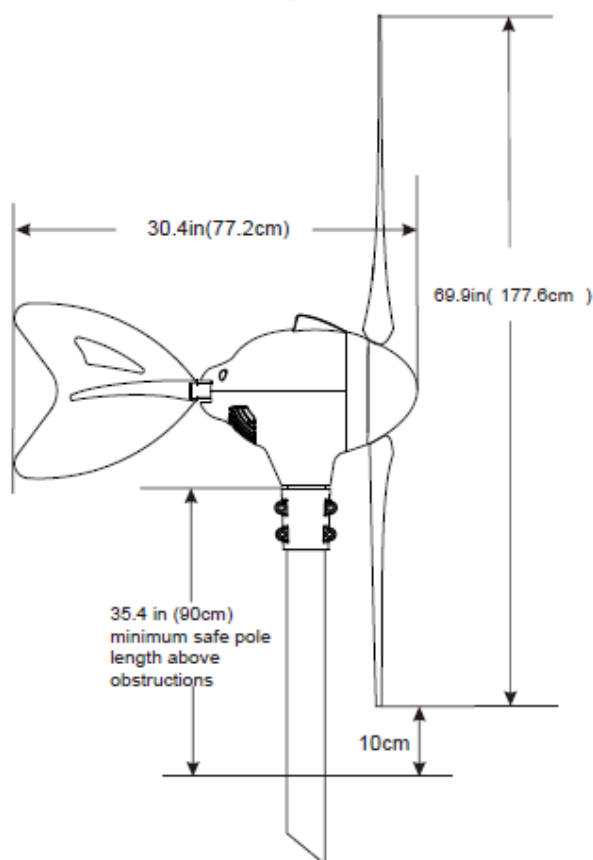
FSH2000

A revolution wind turbine

Excellent wind turbine!



Easy For:
Home
Telecom
Business/Retail
Government

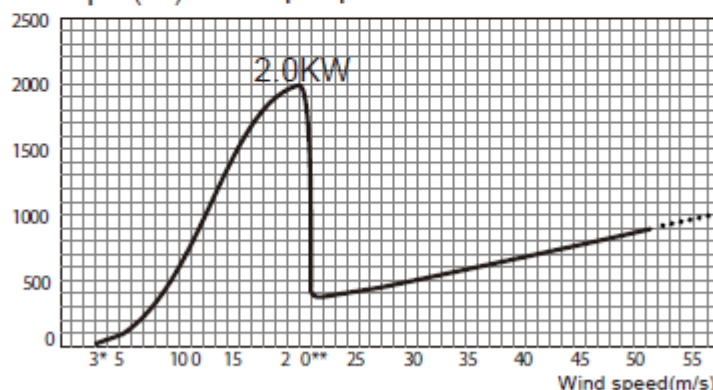


TECHNO SUN

Specifications

Wind Turbine Type	Horizontal axis, up-wind
UPC code	839290007075
Rotor Diameter	1776mm(69.9 ")
Weight	18kg(38lbs)
Mount Diameter	48.6mm(1-15/16 ")
Number Blades	3
Blade Material	Carbon-fiber
Blade Mass (per piece)	532g
Body Material	Aluminum diecast
Product Finish	Telfon-based paint
Generator	Synchronous-type, three phase power generator with neodymium iron boron magnets
Controller	Built-in
Yaw control	Free yaw (360 degrees)
Over Wind Control	Stall control
Start-up wind speed	3m/s(11KPH, 6.7MPH)
Cut-out wind speed	20m/s(72KPH, 45MPH)
Survival wind speed	49.2m/s(177KPH, 110MPH)
Rated Power	1KW (12.5m/s, 45KPH, 28MPH)
Rated Rotor Speed	1000rpm
Maximum Power	2KW(20m/s,72KPH, 45MPH)
Output Voltage	DC24/DC48V
Braking System	Regenerative electromagnetic braking system
Communication System	Remote monitor(Optional accessory)
Recommended System	Off-grid: deep cycle lead acid battery, 420Ah or more

Power output(W) Output power characteristics



*Cut-in: wind speed at which the turbine begins to produce power.

**Cut-out: wind speed at which the turbine stops to produce power.

Annex G: Informe resultats programa CHEQ4

CHEQ4

La instal·lació solar tèrmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Datos del proyecto												
Nombre del proyecto												
Comunidad												
Localidad												
Dirección												

Datos del autor												
Nombre												
Empresa o institución												
Email												
Teléfono												

Características del sistema solar												
Localización de referencia	Castellbisbal (Barcelona)											
Altura respecto la referencia [m]	-24											
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador											
Demanda [l/día a 60°C]	112											
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados												
Fracción solar [%]	70											
Demanda neta [kWh]	2.237											
Demanda bruta [kWh]	2.337											
Aporte solar [kWh]	1.645											
Consumo auxiliar [kWh]	1.578											
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	576											

CHEQ4



La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	VFK 135 VD (Vaillant)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-18417	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	1,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	50,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	119,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	5,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	15,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	12,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera eléctrica	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	300,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	30,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	12,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

Annex H: informe de resultats Saunier Dubal aerotèrmia

Estimación del plazo de amortización y ahorro anual

Ahorro anual	Ahorro anual %	Consumo estimado de su caldera
139 €	55%	251,35 €
Consumo bomba de calor (1)	Consumo caldera de apoyo (2)	Consumo total Genia Hybrid (1+2)
112,26 €	0,00 €	112,26 €

Datos aportados por el cliente

Tipo de vivienda	Localidad	Superficie calefactada m²	Tipo de instalación
Unifamiliar	Barcelona	187	Suelo radiante
Sistema de apoyo a calefacción	Consumo anual combustible actual	Temperatura de confort	
Gas natural atmo...	4450	21 °C	

Resultados del estudio*

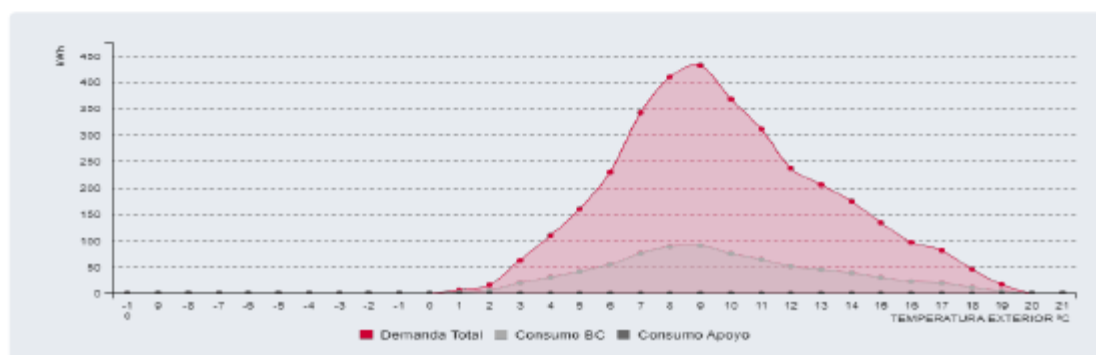
Bomba seleccionada	Potencia diseño	Zona climática considerada	Temperatura exterior de diseño
GENIA AIR 5	1,66 kW	C2	0.1 °C

*Resultados según normativa vigente.

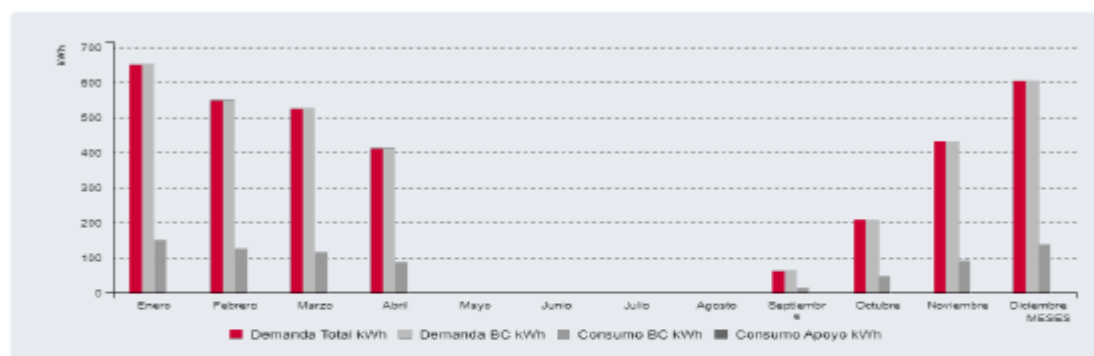
Tarifas y precio de la energía

Tarifa eléctrica vigente	Precio de la energía eléctrica
PVPC Normal	0,1466 €

Demanda y consumo kWh. anual en función de la temperatura exterior



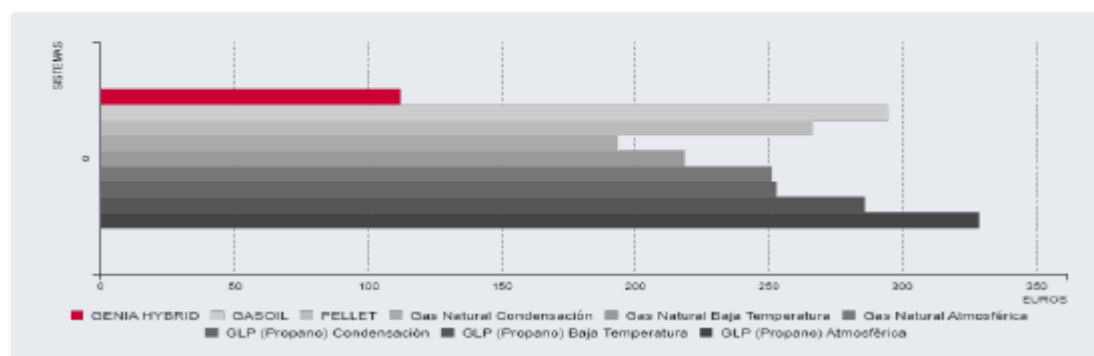
Consumo mensual en kWh.



Datos aportados por el cliente

Demanda total 3.434,50 kWh	Demanda cubierta por BC 3.434,50 kWh	% de Demanda cubierta por BC 100,00%	Consumo bomba de calor 765,57 kWh
Consumo apoyo kWh 0,00 kWh	Rendimiento medio anual bomba 449 %		Rendimiento medio anual total 449 %

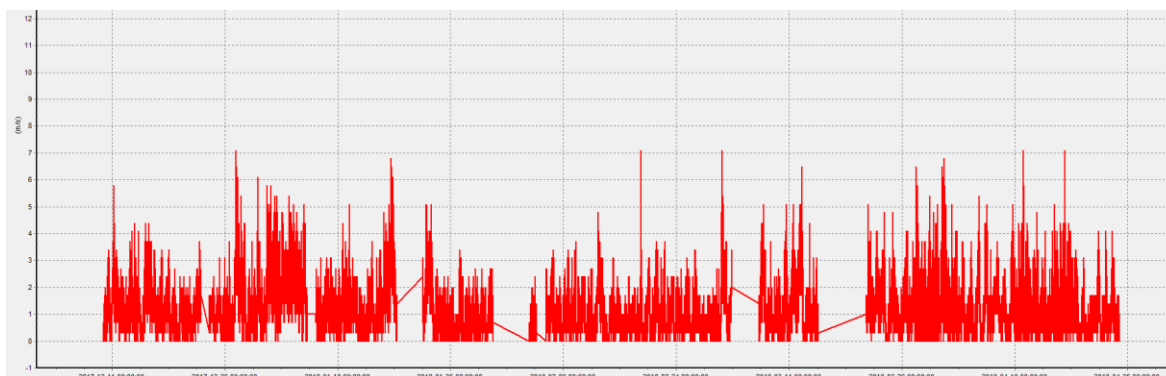
Comparativa con otros sistemas



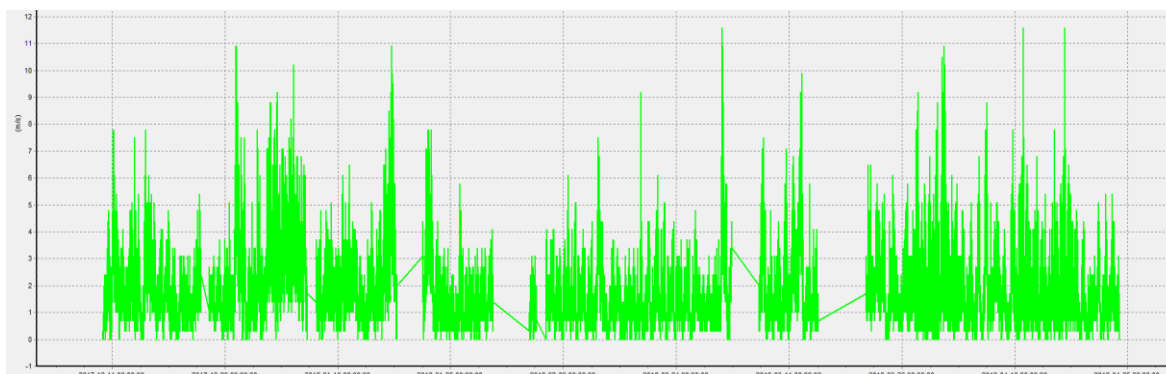
Annex I: dades meteorològiques obtingudes amb l'estació WS1080

En aquest apartat, es mostren les gràfiques de vent anuals i mensuals de vent registrat a Castellbisbal amb l'estació meteorològica WS1080 durant el 5 mesos desembre 2017 a Abril 2018.

(Desembre 2017- Abril 2018)

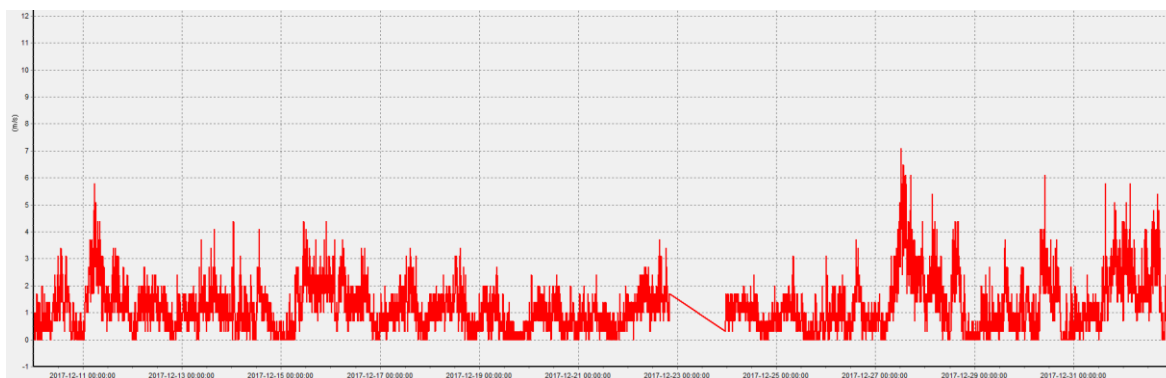


Gràfic 1: Velocitat de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 en el període 1/12/17 - 30-04-2018 (0-7 m/s)

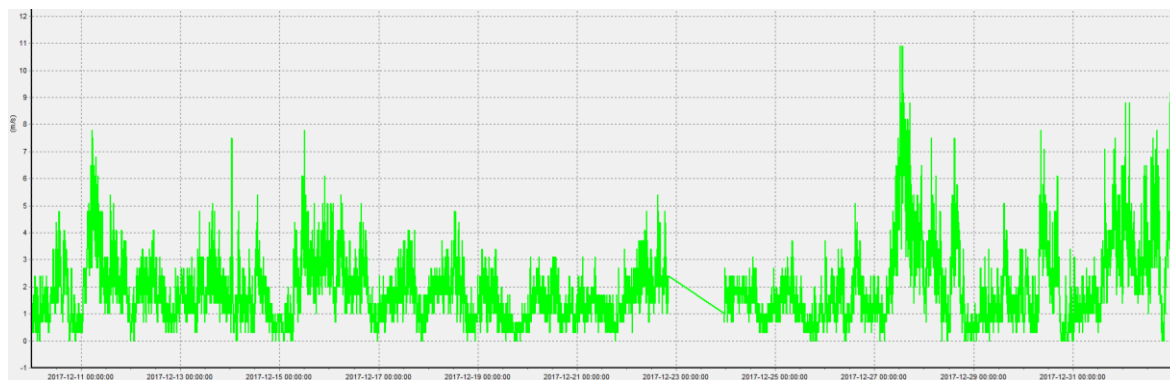


Gràfic 2: Velocitat de les ràfegues de vent registrades (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 en el període 1/12/17 - 30-04-2018 (0-12 m/s)

Desembre 2017

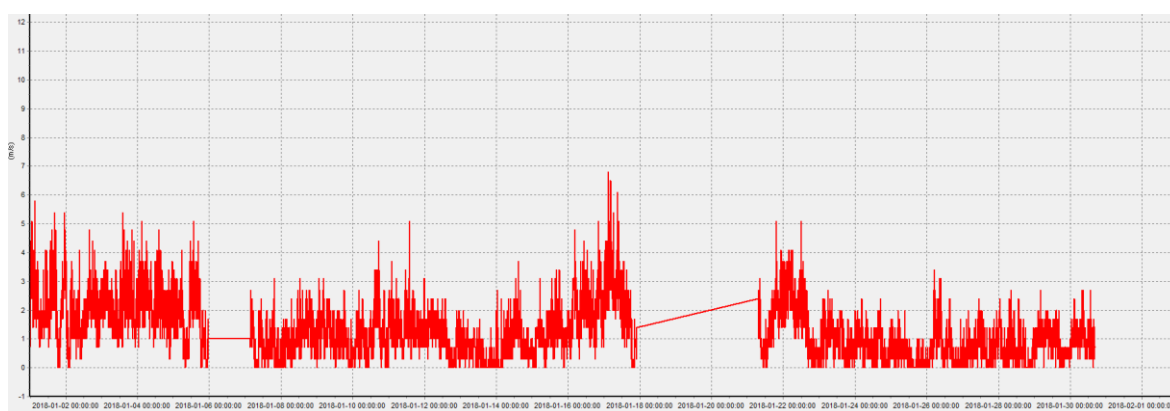


Gràfic 3: Velocitat de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de desembre 2017

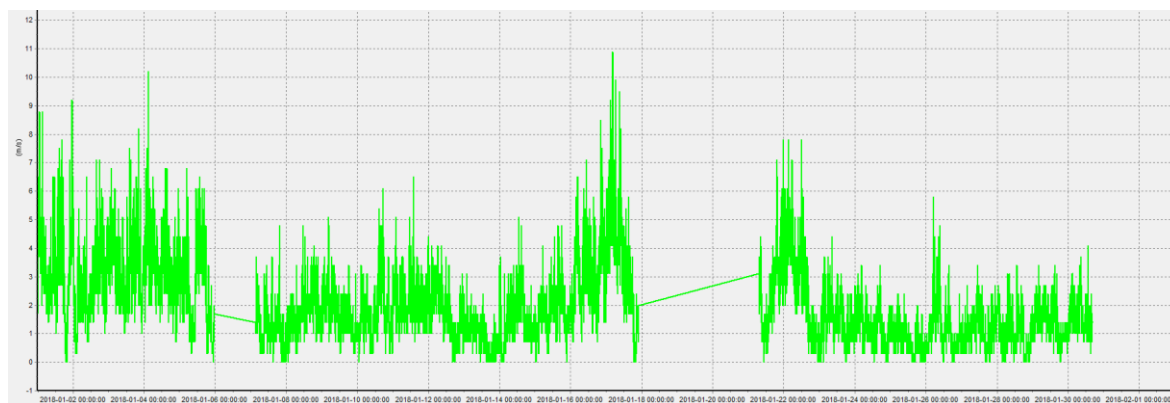


Gràfic 4: Velocitat de les ràfegues de vent registrades (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de desembre 2017

Gener 2018

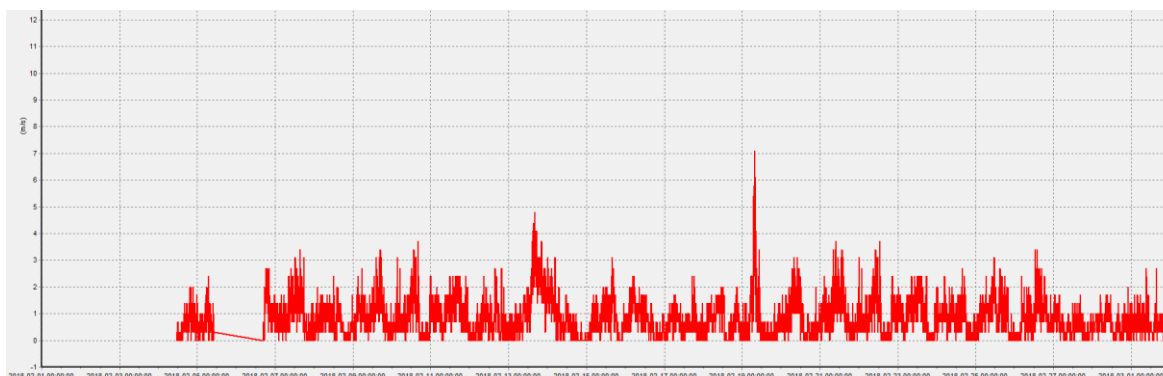


Gràfic 5: Velocitat de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de gener 2018

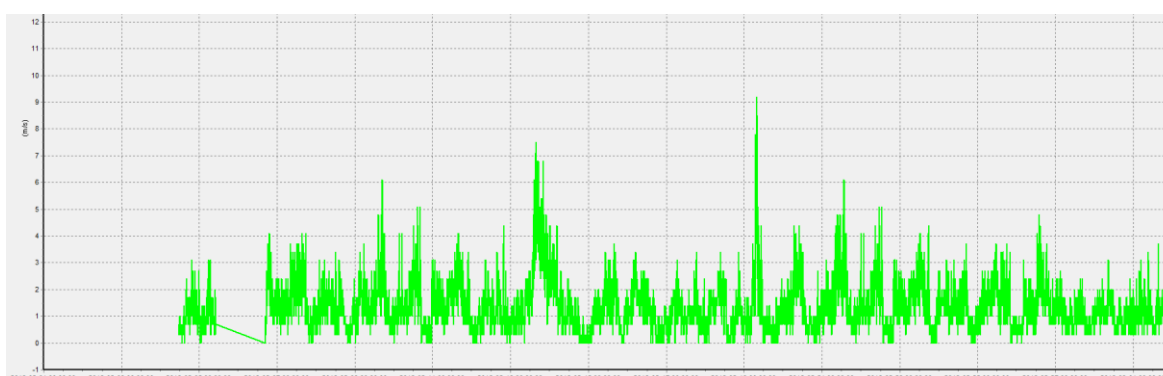


Gràfic 6: Velocitat de les ràfegues de vent registrades (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de gener 2017

Febrer 2018

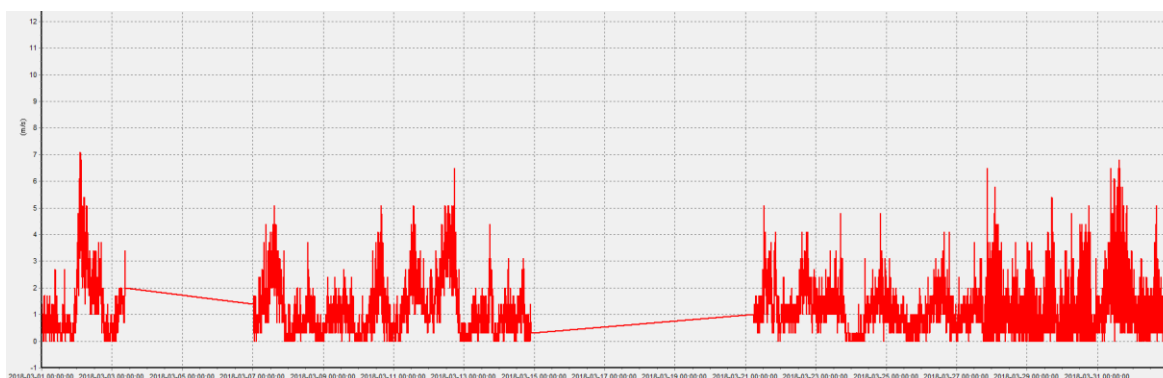


Gràfic 7: Velocitat de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de febrer 2018

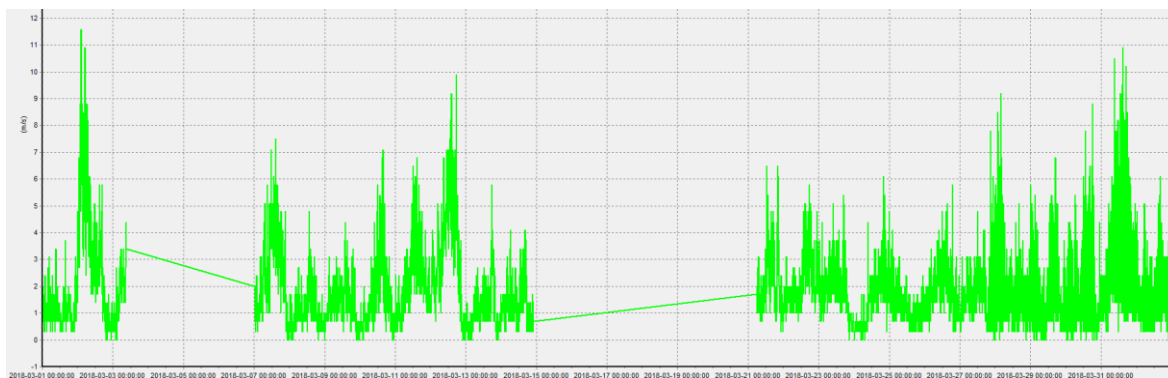


Gràfic 8: Velocitat de les ràfegues de vent registrades (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de febrer 2018

Març 2018

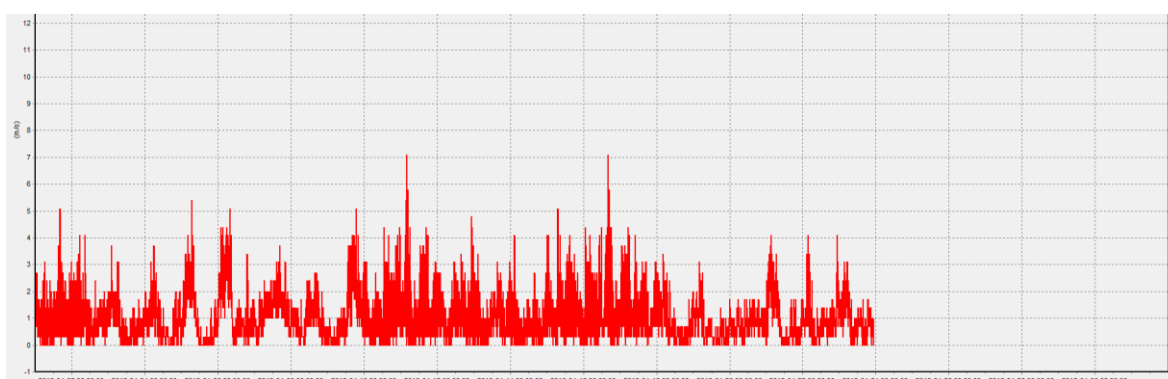


Gràfic 9: Velocitat de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de març 2018

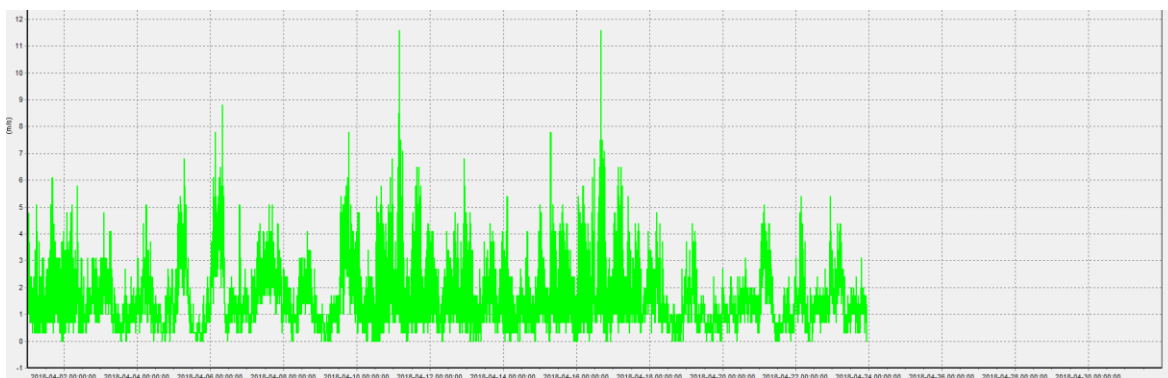


Gràfic 10: Velocitat de les ràfegues de vent registrades (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més de març 2018

Abril



Gràfic 11: Velocitat de vent registrat (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més d'abril 2018



Gràfic 12: Velocitat de les ràfegues de vent registrades (m/s) amb l'estació meteorològica WS 1080 més d'abril 2018



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

**ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS
D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO**

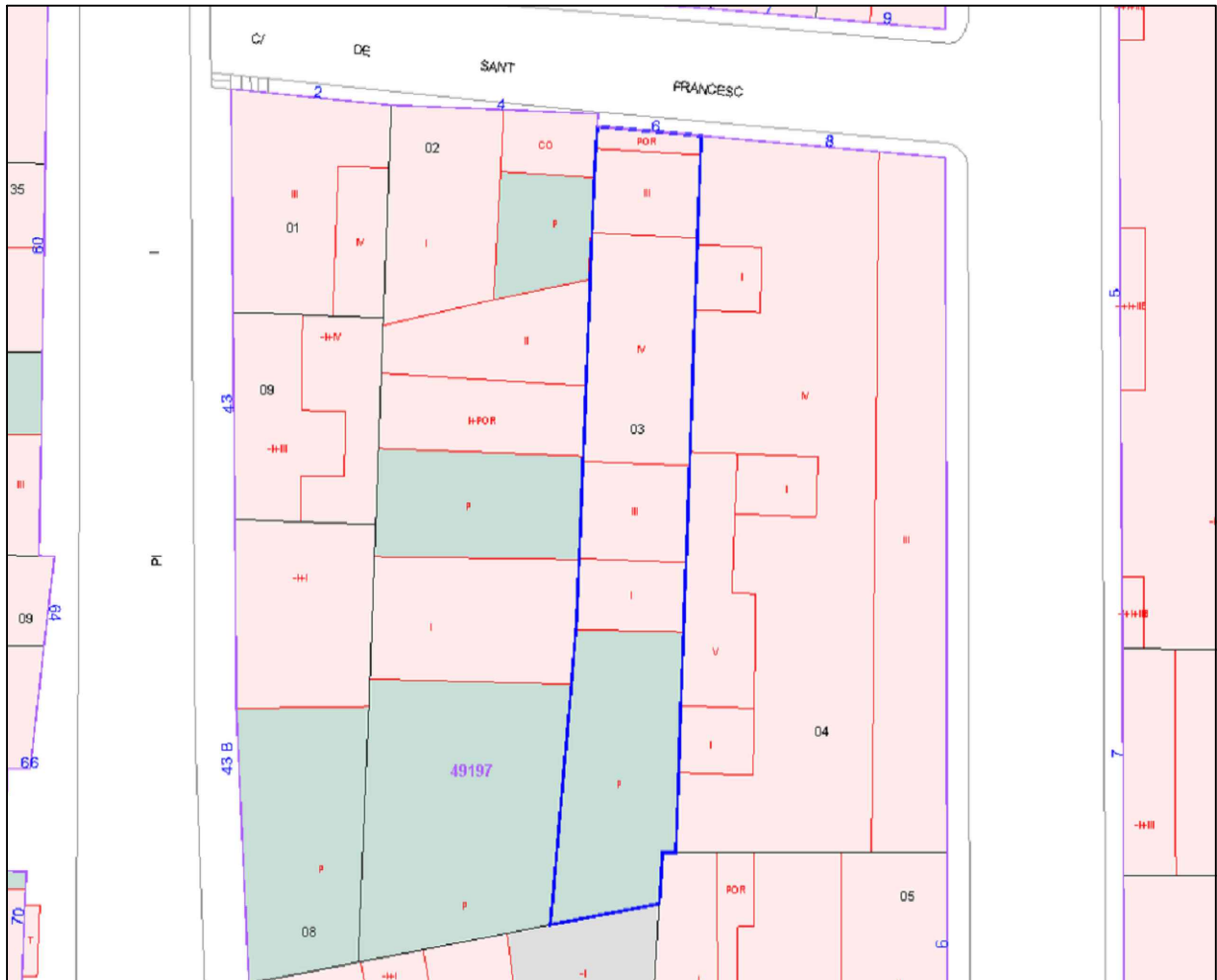


Plànols

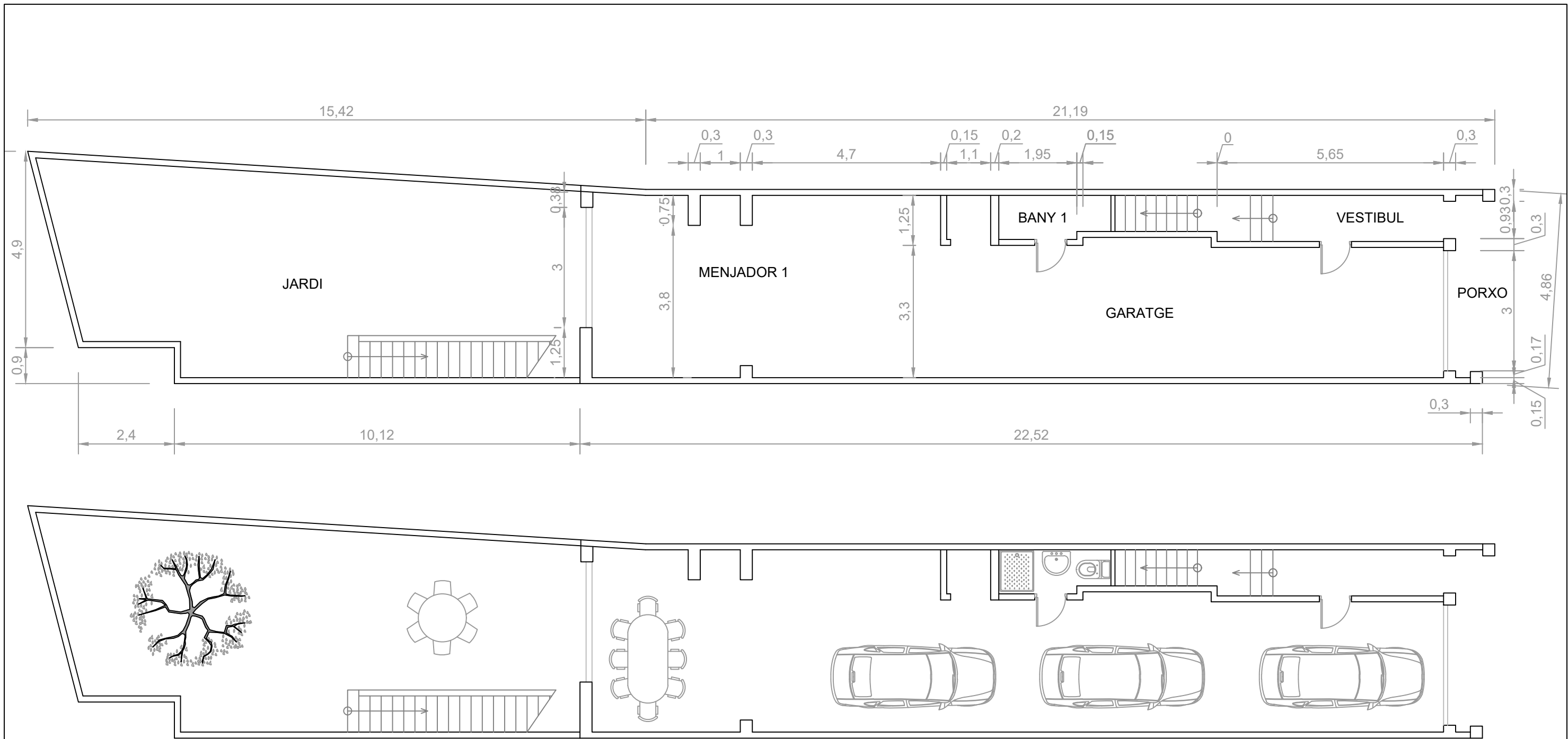
Autor:	Jordi Martínez Rovira
Director:	Francesc Xavier Roset Juan
Convocatòria:	Mes de juny de 2018

Índex


PLÀNOLS	2
P0: Localització geogràfica.....	3
P1: Planta baixa cotes	4
P2: Planta primera cotes.....	5
P3: Planta segona cotes	6
P4: Planta golfes cotes	7
P5: Perfil cotes	8
P6: Alçat façanes cotes	9
P7: Ubicació instal·lació solar tèrmica ACS.....	10
P8: Esquema instal·lació solar tèrmica ACS.....	11
P9: Ubicació instal·lació ACS, aerotèrmia.....	12
P10: Esquema instal·lació solar tèrmica d'ACS i climatització per aerotèrmia	13
P11: Ubicació instal·lació fotovoltaica.....	14
P12: Esquema instal·lació fotovoltaica.....	15
P13: Ubicació instal·lació eòlica.....	16
P14: Esquema d'instal·lació híbrida (solar + fotovoltaica)	17

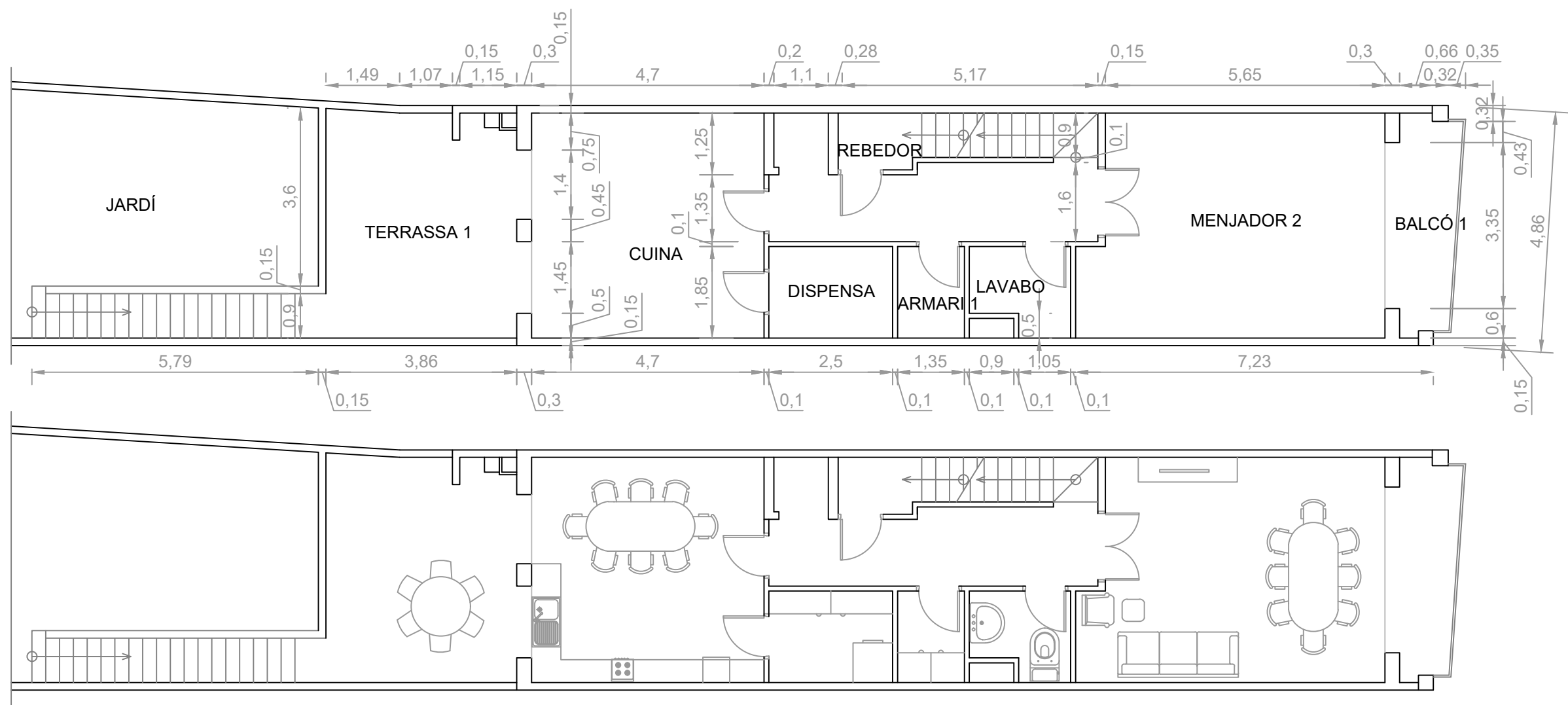


TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO			
ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE	AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA DATA: 12/03/2018	REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	LOCALITZACIÓ GEOGRÀFICA PLÀNOL N°: P0		ESCALA: DIVERSES




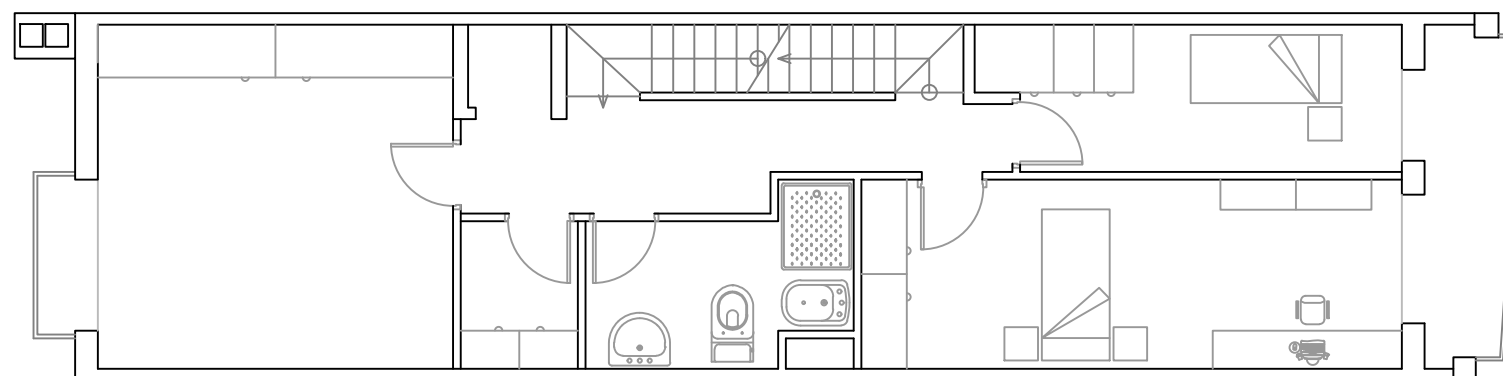
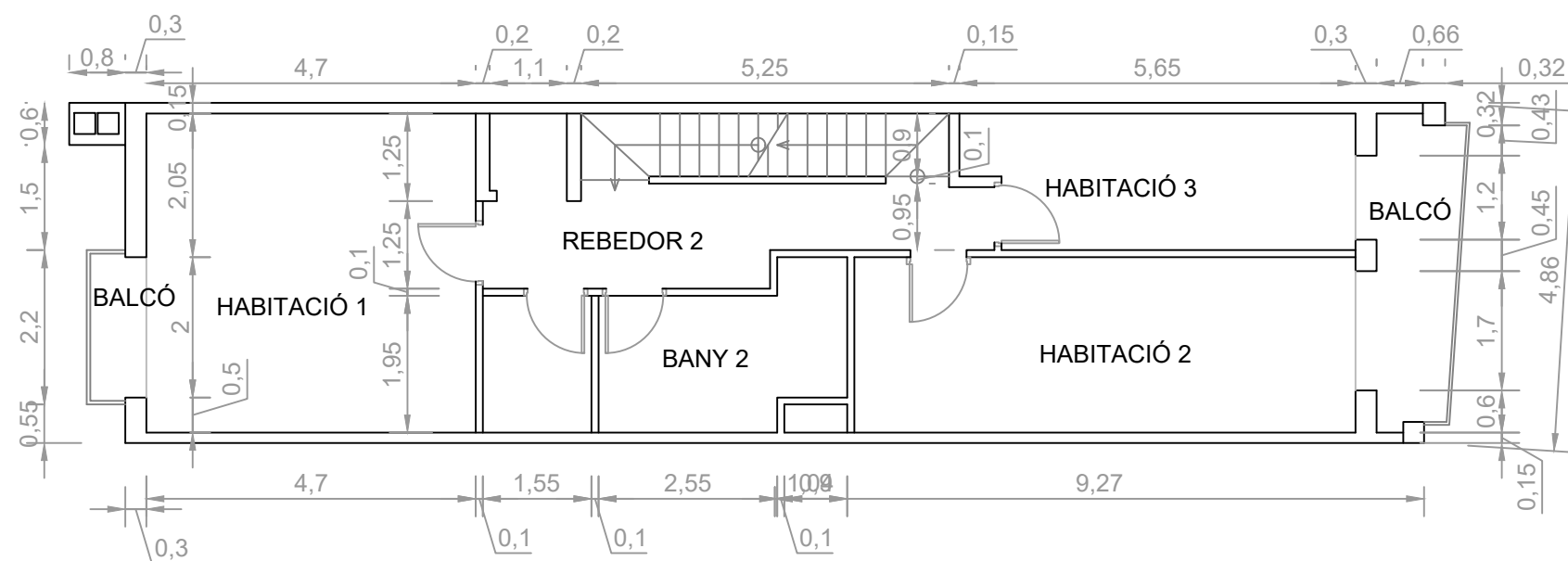
LLEGENDA		
DEPENDÈNCIA	SUPERFÍCIE m^2	VOLUM m^3
PORXO	3.52	1.91
VESTIBUL	4.90	14.7
GARATGE	63.15	195,76
BANY 1	2,91	9.02
MENJADOR 1	16.89	52.36
JARDÍ	62.94	-

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO			
ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE	AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA DATA: 12/03/2018	REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018	
 <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH</div>	PLANTA BAIXA COTES PLÀNOL Nº: P1		ESCALA: 1/100



LLEGENDA		
DEPENDÈNCIA	SUPERFÍCIE m ²	VOLUM m ³
BALCÓ 1	4.96	-
MENJADOR 2	26.20	73.36
LAVABO	3.19	8.93
ARAMRI 1	2.43	6.80
DISPENSA	4.50	12.6
CUINA	20.92	58.58
REBEDOR	4.90	14,7
TERRASSA 1	17.90	-

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO			
ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA DATA: 12/03/2018		REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018
	PLANTA PRIMERA COTES PLÀNOL N°: P2		ESCALA: 1/100



LLEGENDA

DEPENDÈNCIA	SUPERFÍCIE m ²	VOLUM m ³
BALCÓ 2	4.96	-
BALCÓ 3	1.45	-
HABITACIÓ 1	20.92	58.57
HABITACIÓ 2	17.52	49.05
HABITACIÓ 3	10.14	28.39
BANY 2	6.97	19.51
REBEDOR 2	8.82	24.7
ARMARI 2	2.91	8.15

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE
BARCELONA EST EEBE

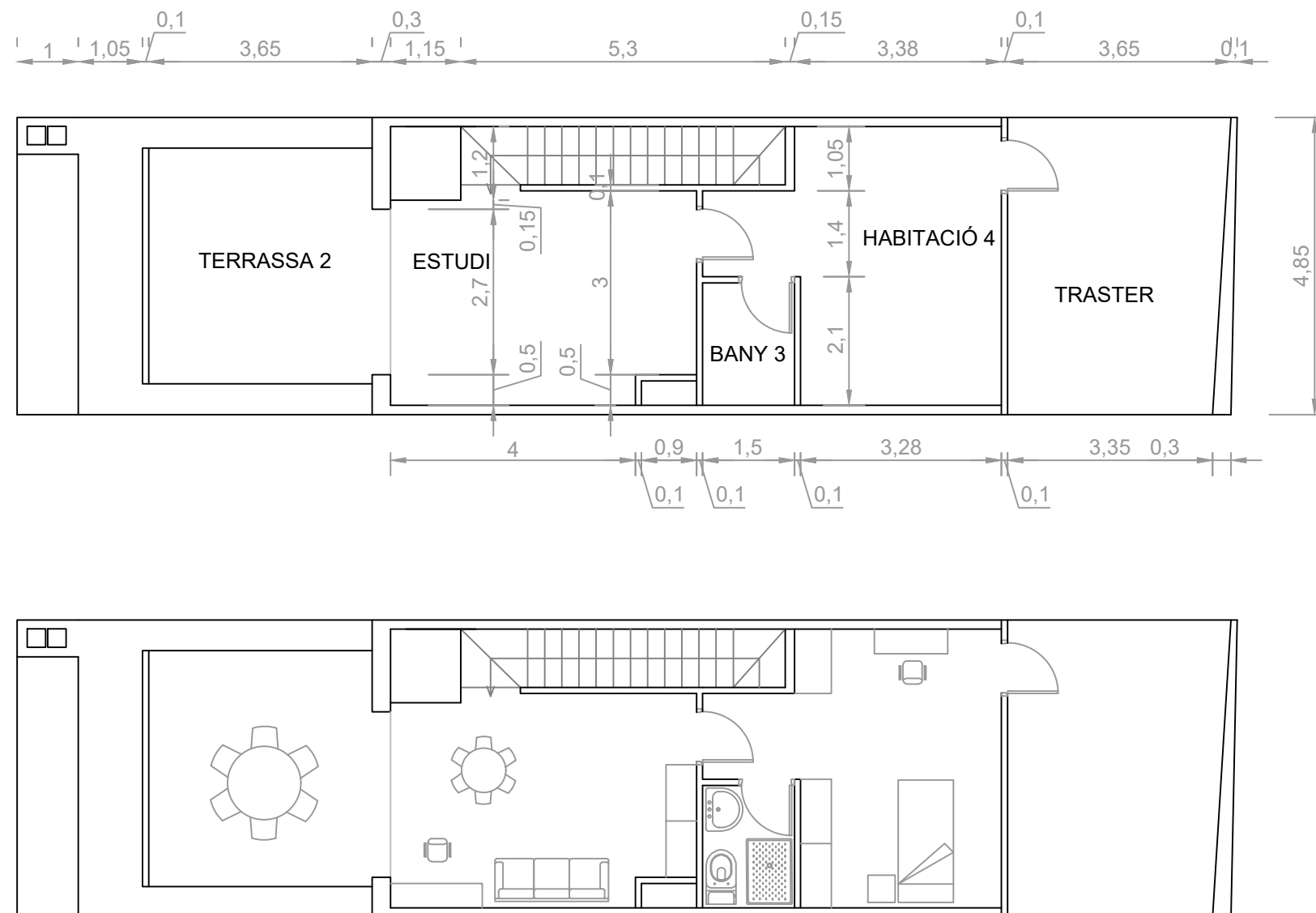
AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 12/03/2018

REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



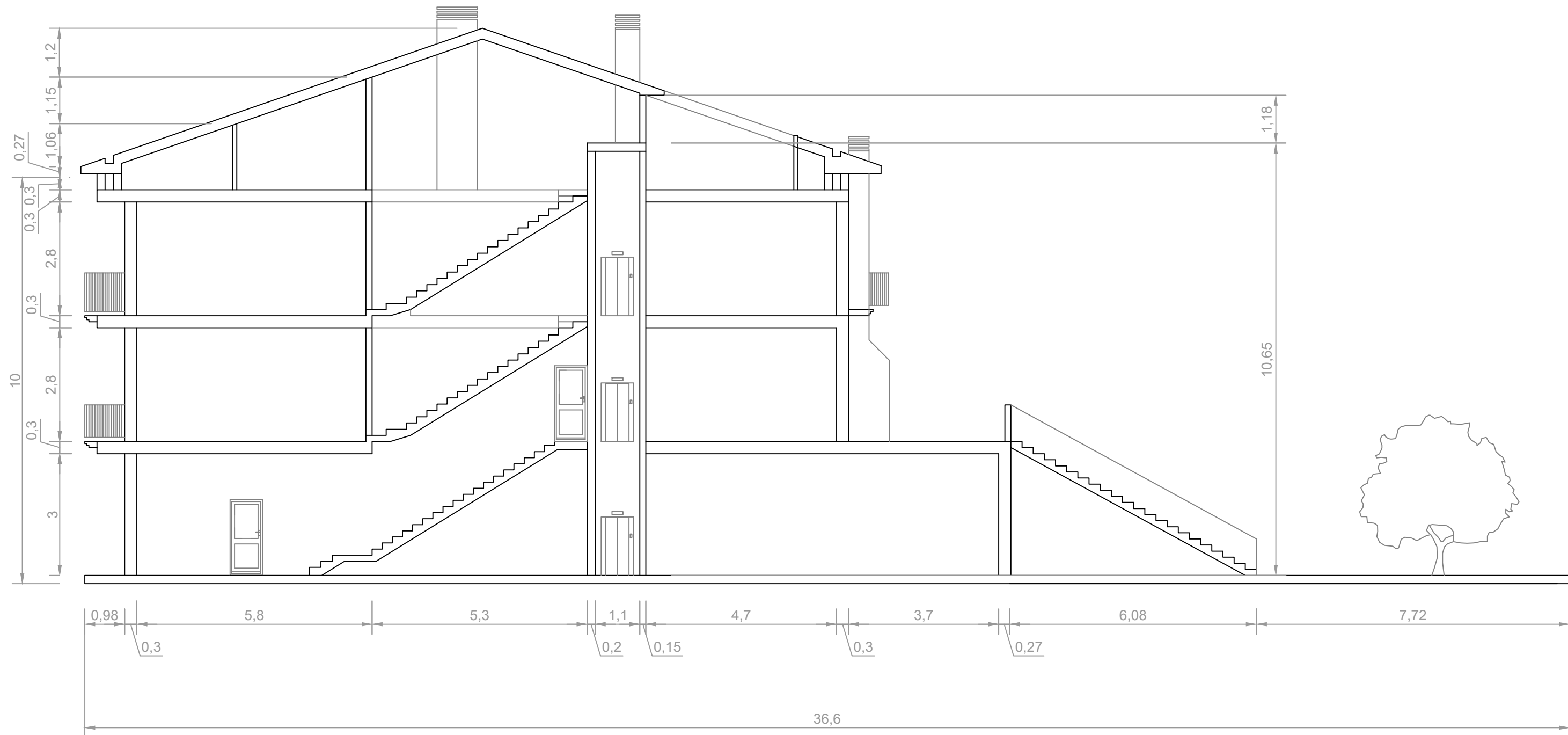
PLANTA SEGONA COTES
PLÀNOL N°: P3

ESCALA:
1/100



LLEGENDA		
DEPENDÈNCIA	SUPERFÍCIE m^2	VOLUM m^3
TRASTER	16.97	-
HABITACIÓ 4	16.93	45.22
BANY 3	3	7.5
ESTUDI	18.09	45.22
TERRASSA 2	16.60	-

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO			
ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE		AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA DATA: 12/03/2018	REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH		PLANTA GOLFES COTES PLÀNOL N°: P4	ESCALA: 1/100



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE
BARCELONA EST EEBE

AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 12/03/2018

REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



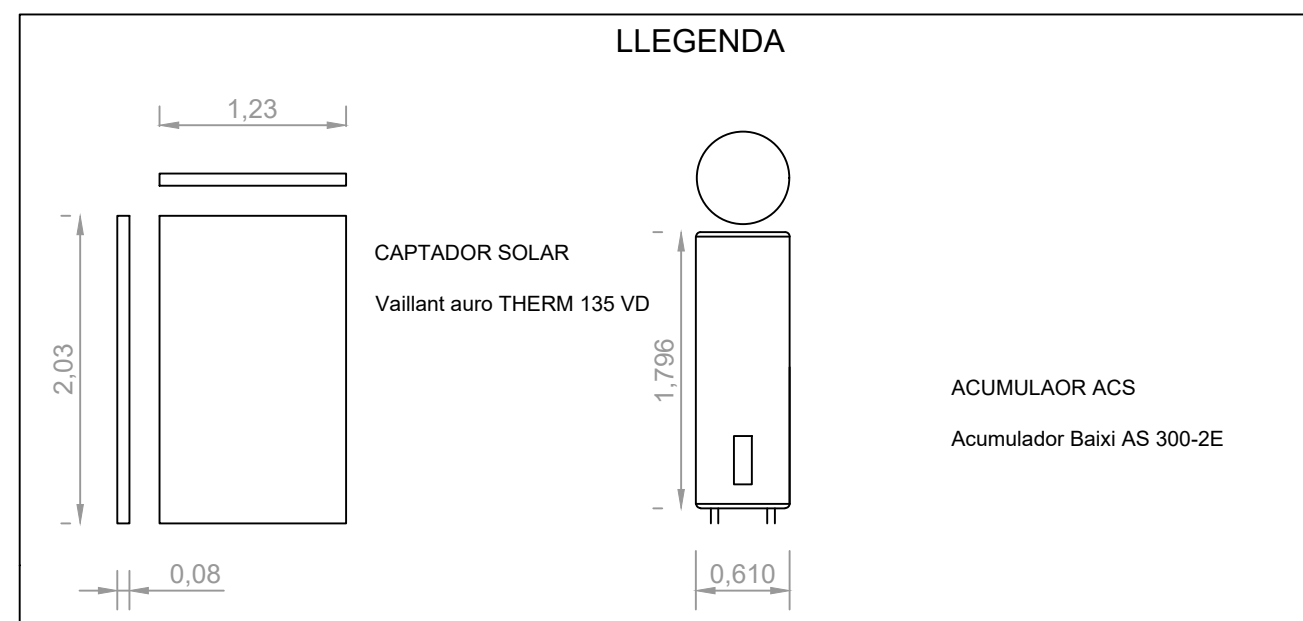
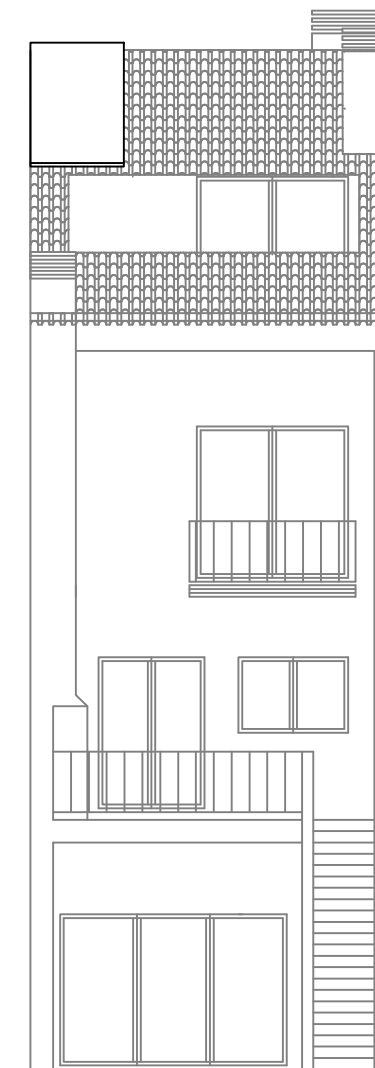
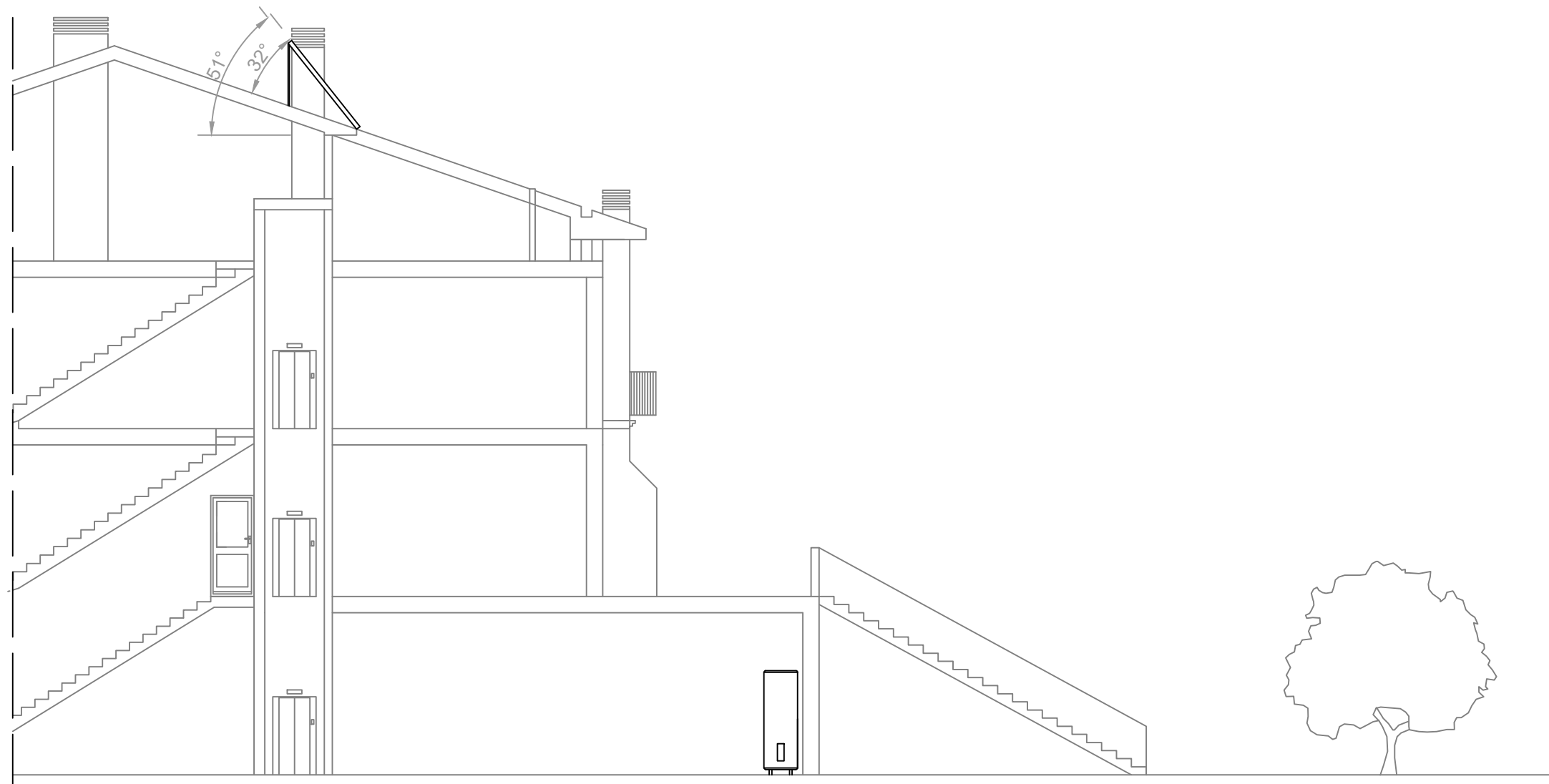
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

PERFIL COTES
PLÀNOL N°: P5

ESCALA:
1/100



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTA·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO			
ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE	AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA DATA: 12/03/2018	REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018	ESCALA: 1/50
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH		ALÇAT FAÇANES COTES PLÀNOL Nº: P6	



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE
BARCELONA EST EEBE

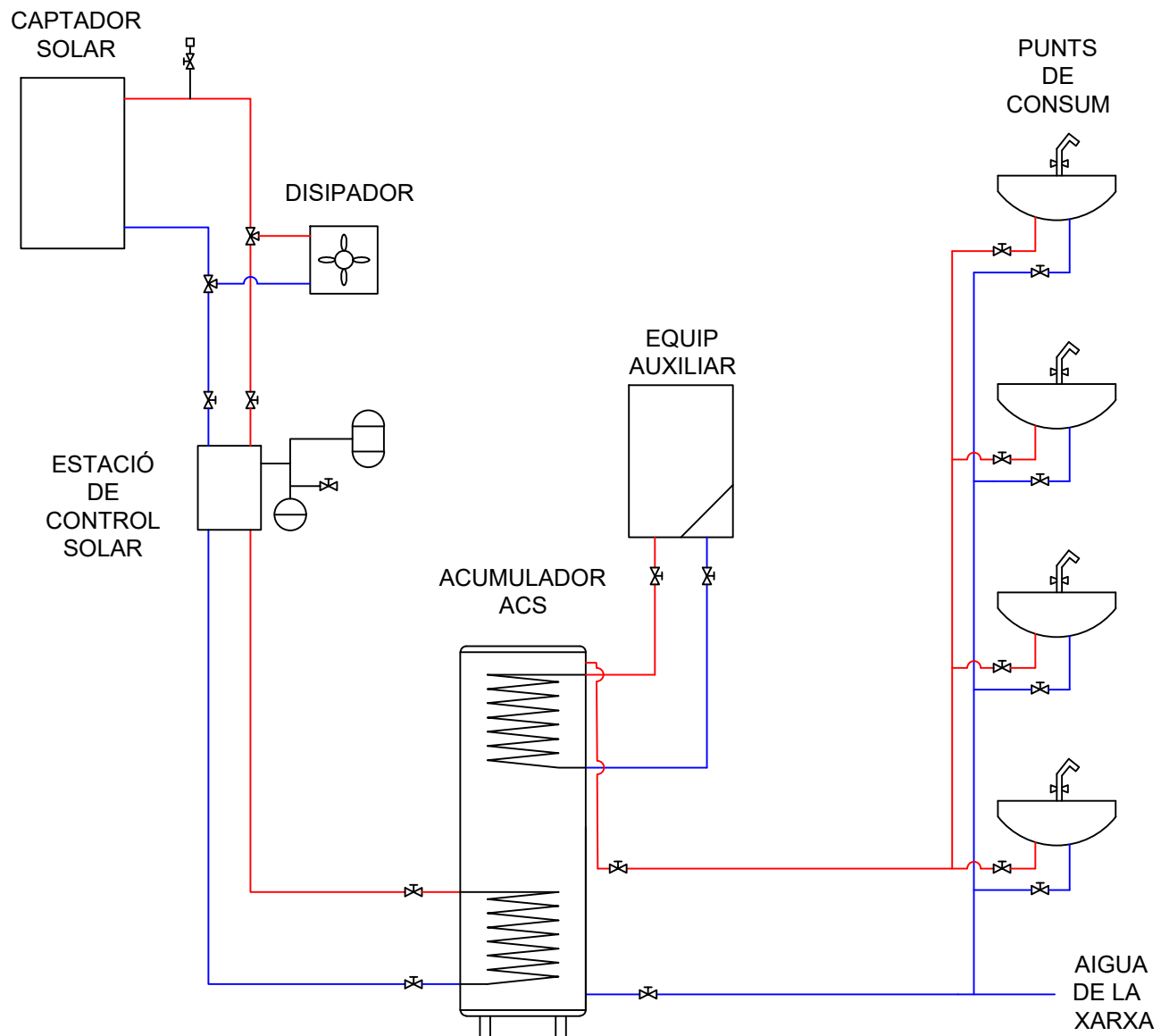
AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 08/05/2018

REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



UBICACIÓ INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA ACS
PLÀNOL N°: P7

ESCALA:
1/100



LLEENDA

	CLAU DE PAS		PURGADOR AUTOMÀTIC
	DIPÒSIT LÍQUID CIRCUIT PRIMARI		VAS D'EXPANSÓ

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE

AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 08/05/2018

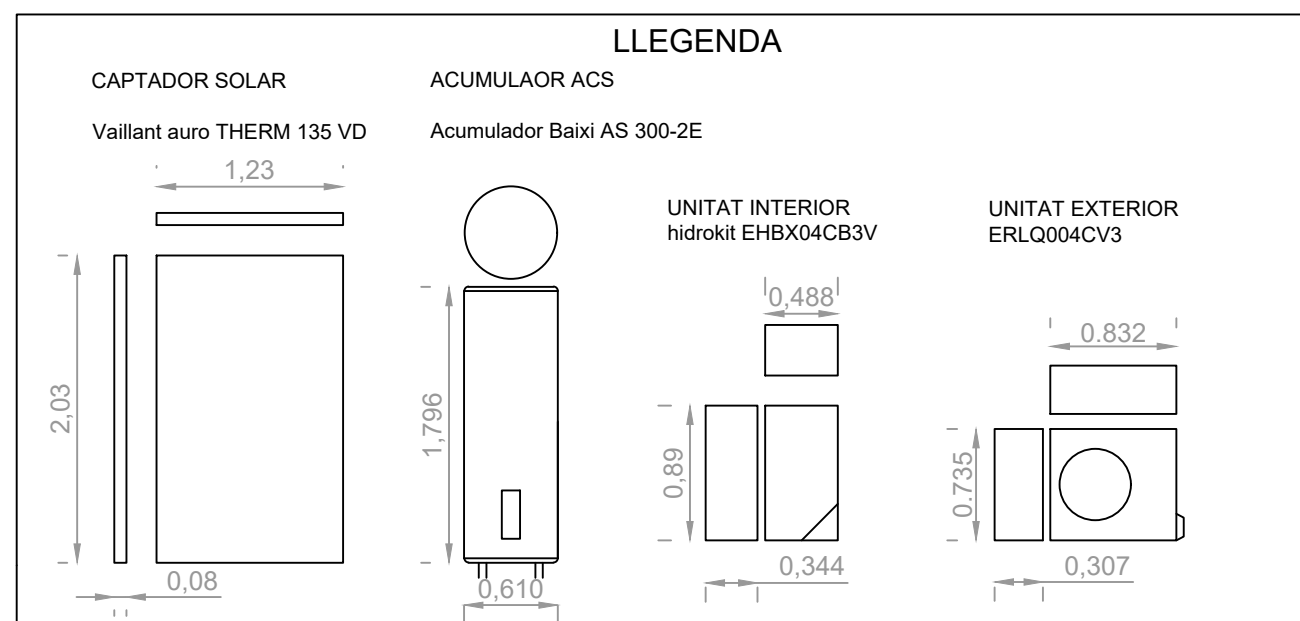
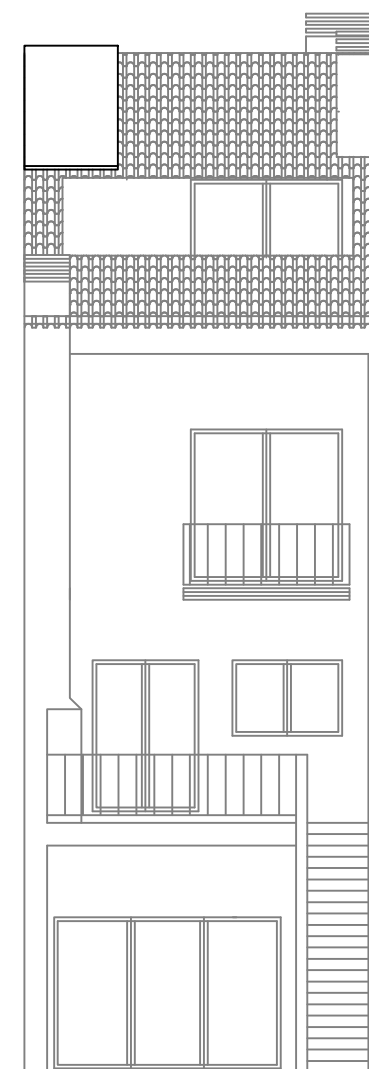
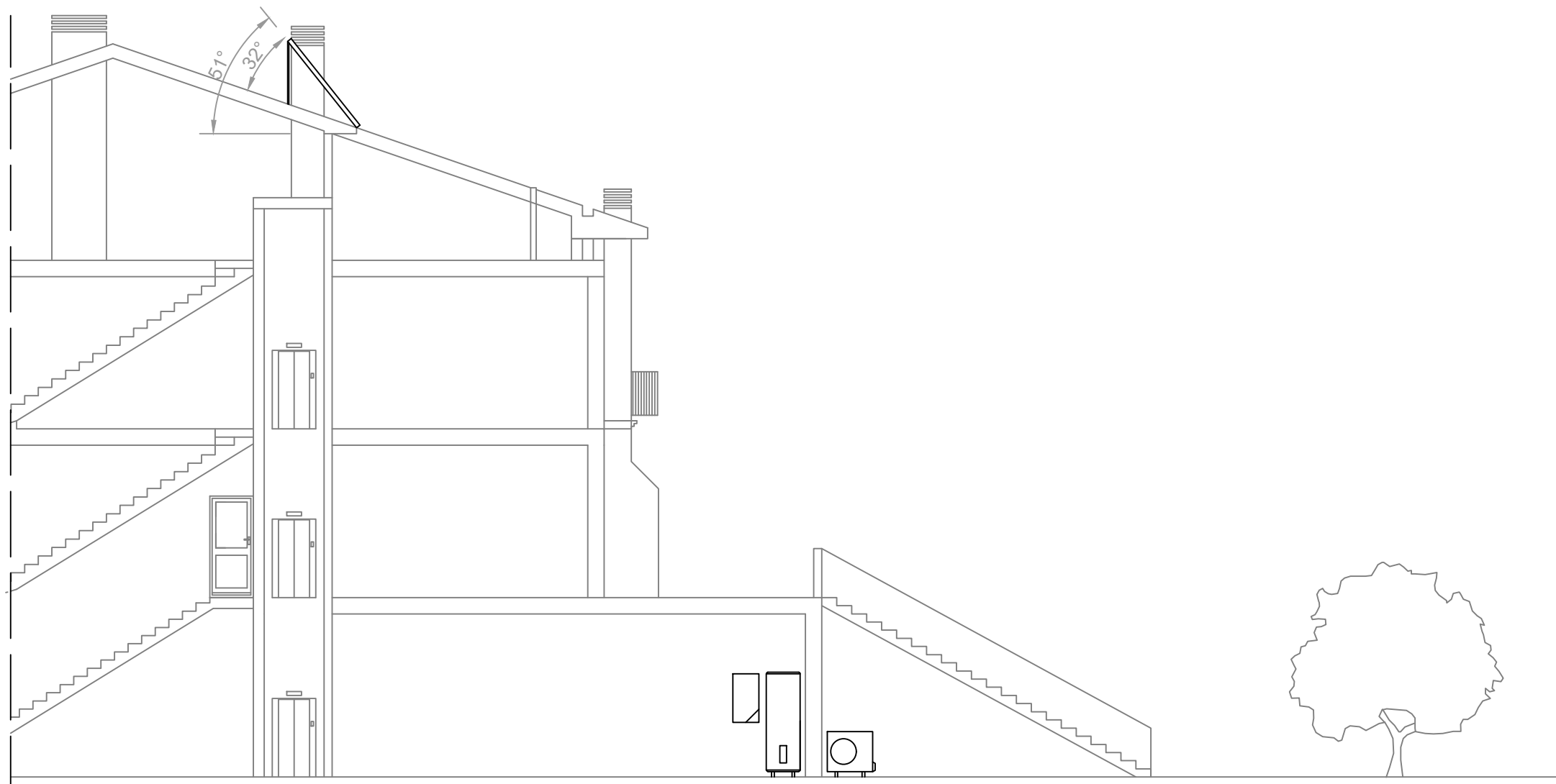
REVISAT: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018




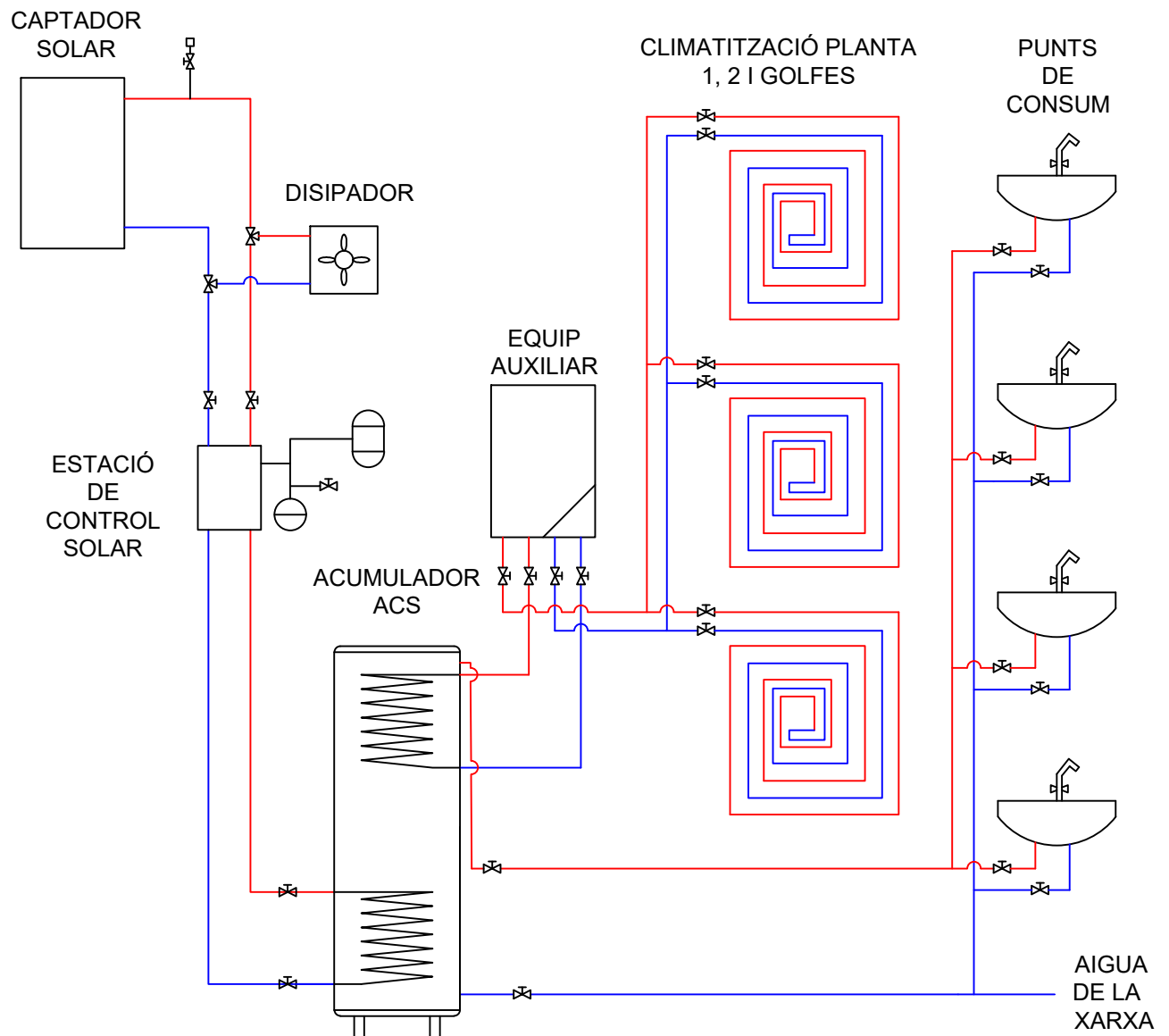
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA ACS
PLÀNOL N°: P8





ESCALA:
Esquema



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO			
ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE		AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA DATA: 08/05/2018	REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH		UBICACIÓ INSTAL·LACIÓ ACS, AEROTÈRMIA PLÀNOL N°: P9	ESCALA: 1/100



LLEENDA

	CLAU DE PAS		PURGADOR AUTOMÀTIC
	DIPÒSIT LÍQUID CIRCUIT PRIMARI		VAS D'EXPANSÓ

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE

AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 08/05/2018

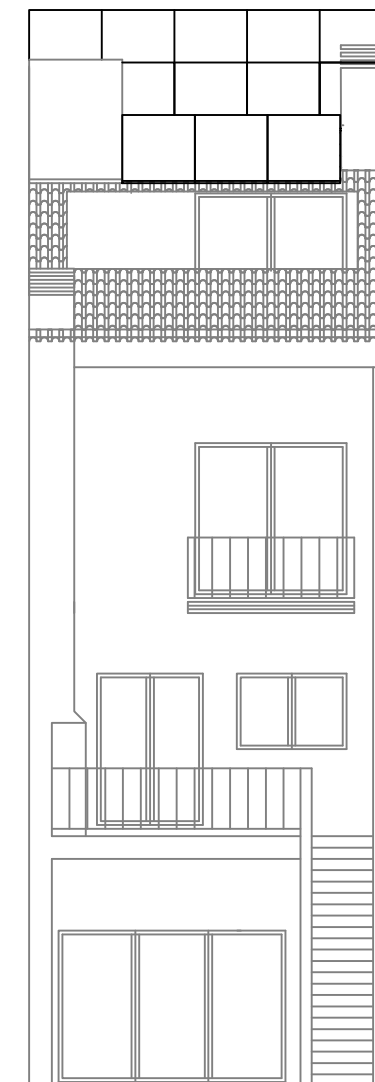
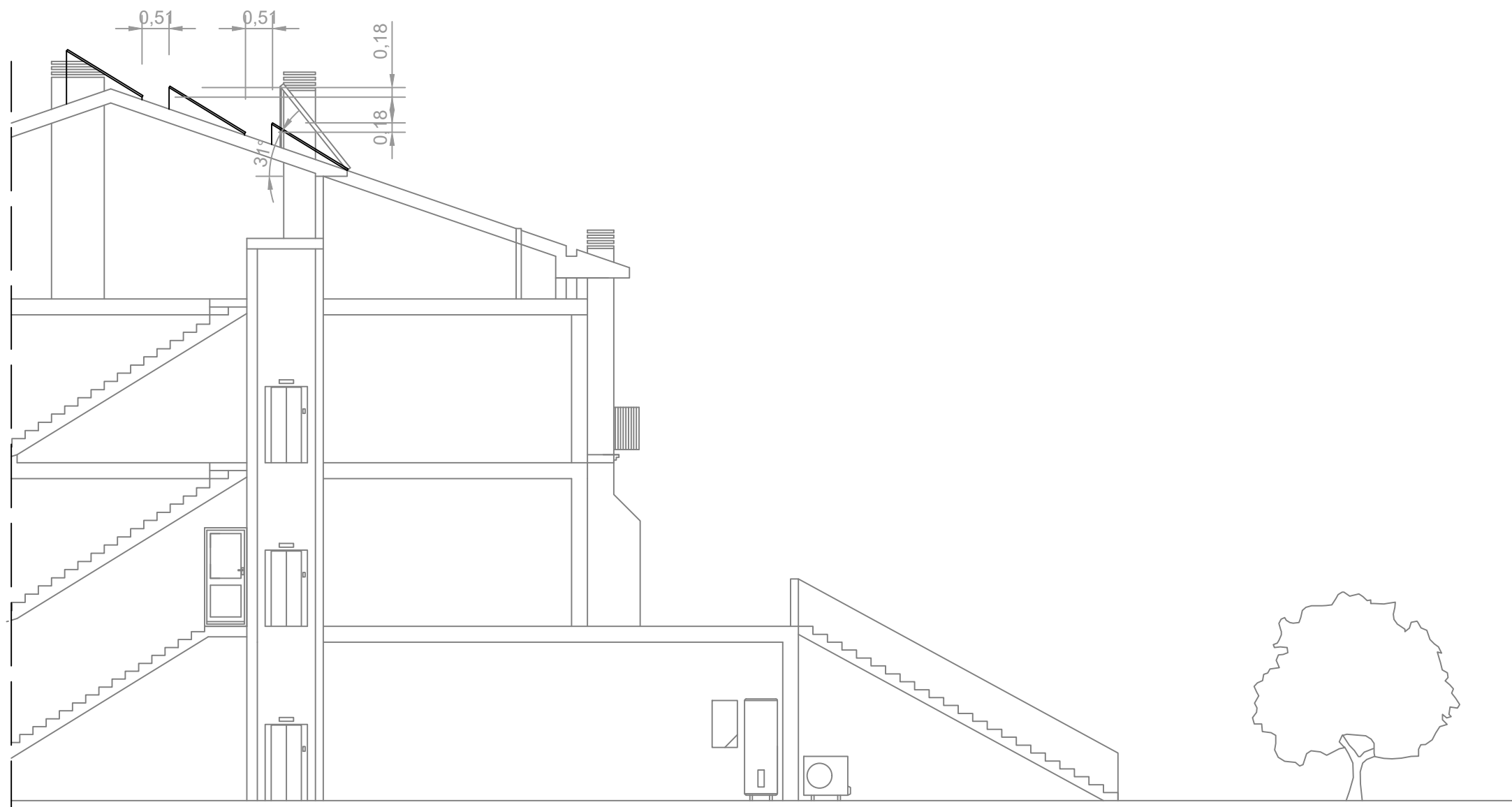
REVISAT: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



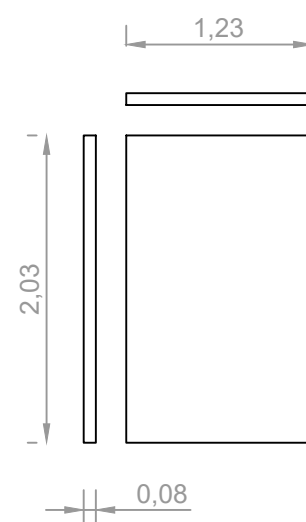
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

INSTAL·LACIÓ SOLAR ACS I CLIMATITZACIÓ AEROTERMIA
PLÀNOL N°: P10

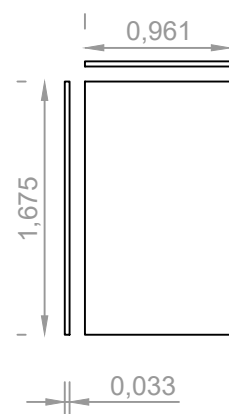
ESCALA:
Esquema



LLEENDA



CAPTADOR SOLAR
Vaillant auro THERM 135 VD



CAPTADOR SOLAR FOTOVOLTAIC
Solar World SW300

TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE
BARCELONA EST EEBE

AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 08/05/2018

REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018

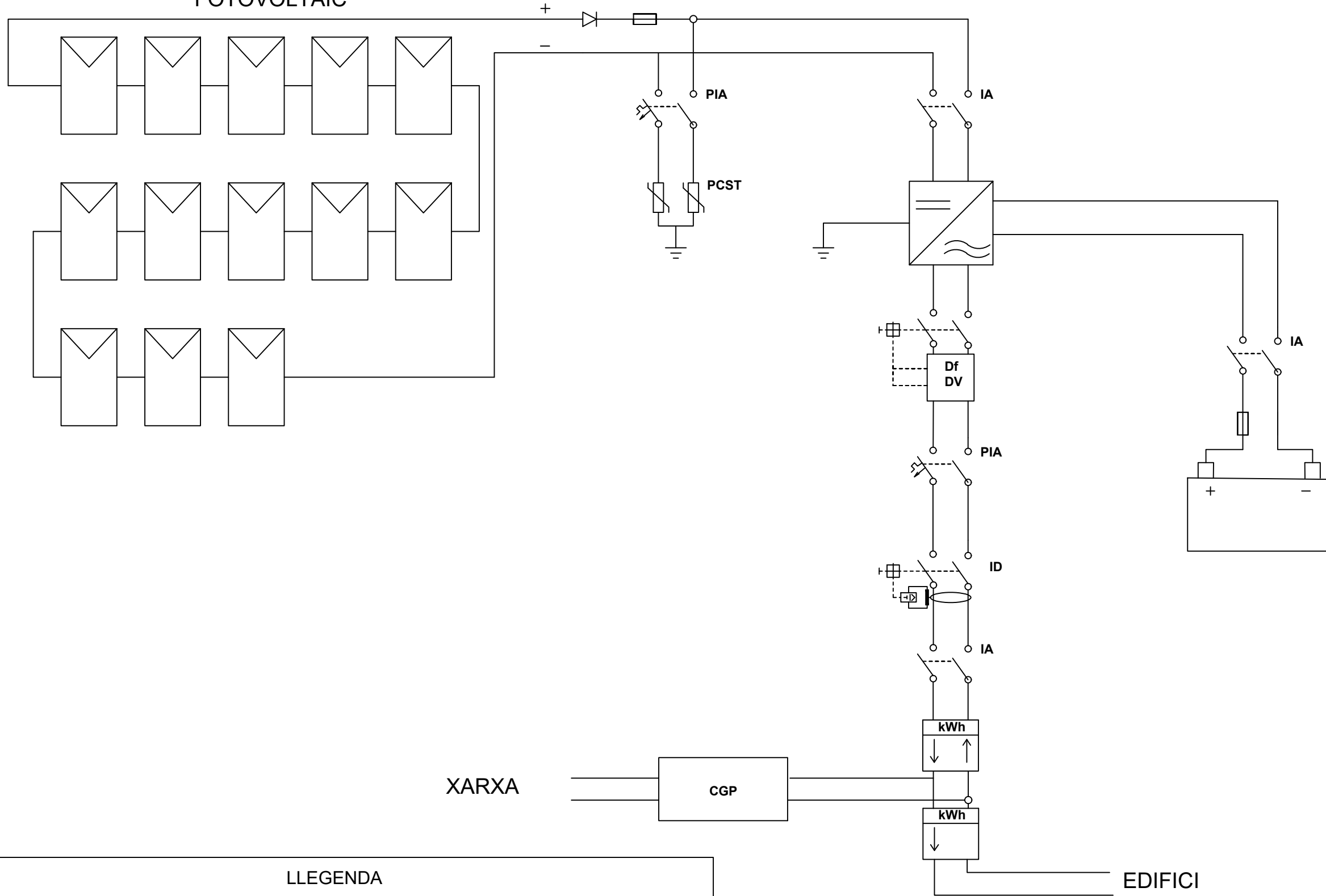


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

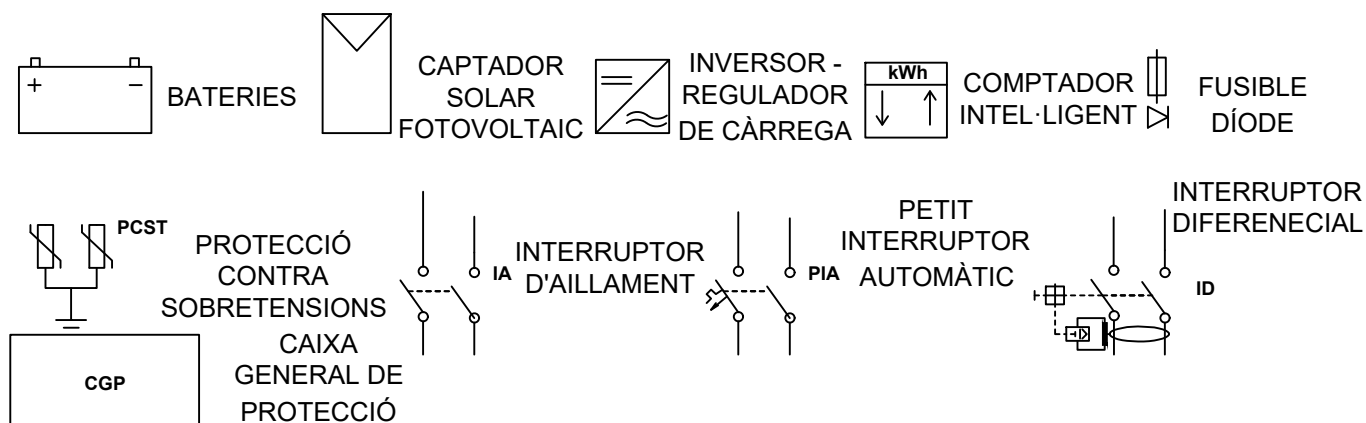
UBICACIÓ INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA
PLÀNOL N°: P11

ESCALA:
1/100

CAMP SOLAR FOTOVOLTAIC



LLEENDA



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE

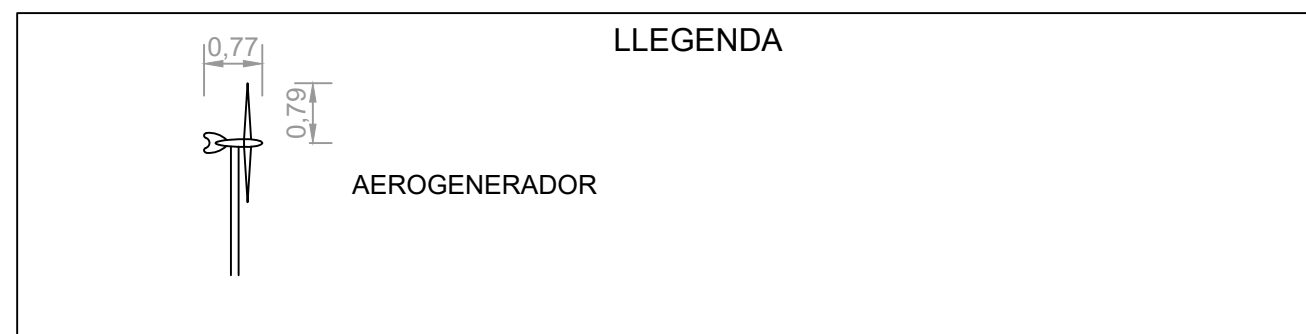
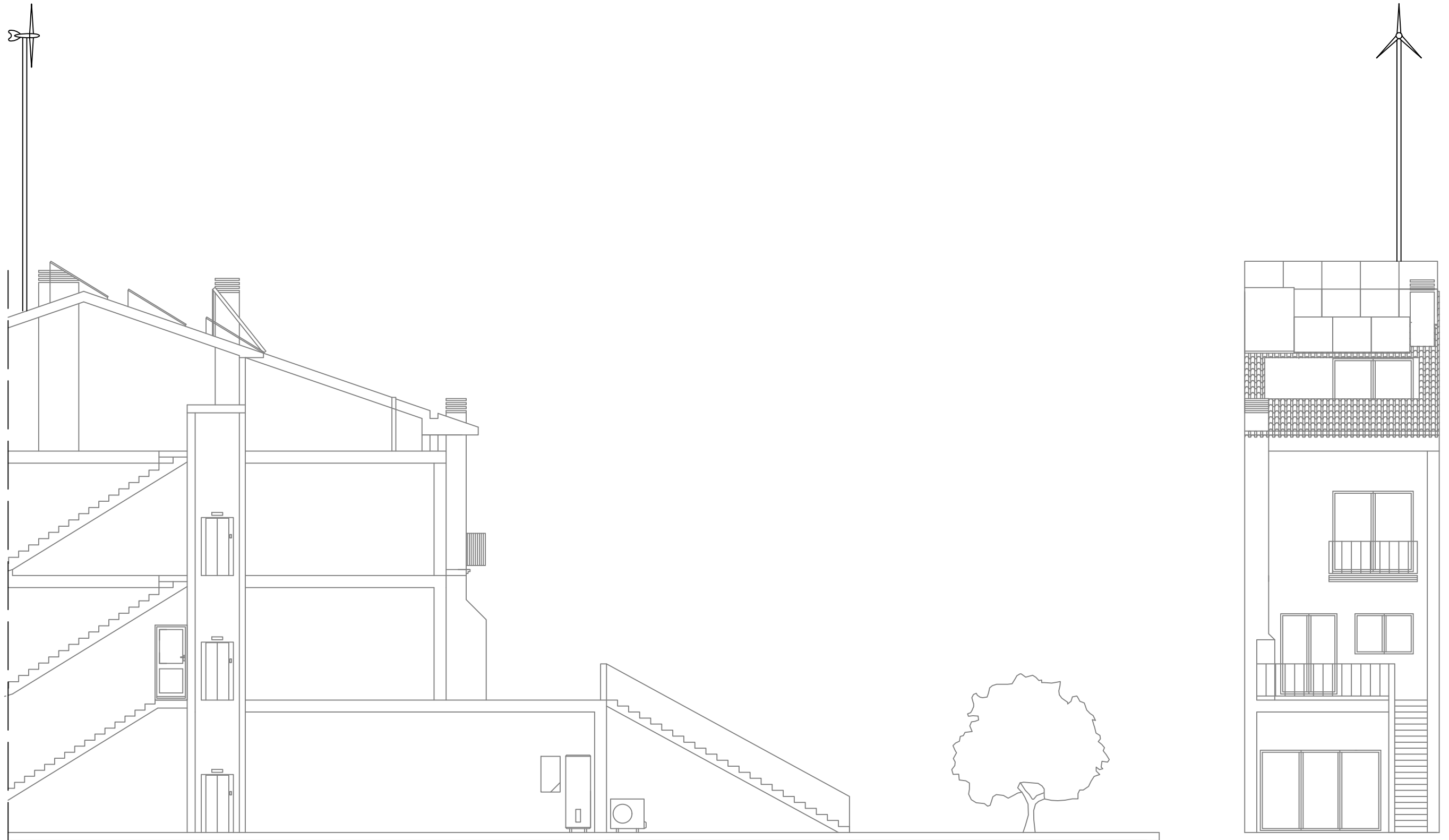
AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 08/05/2018

REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



ESQUEMA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA
PLÀNOL N°: P12

ESCALA:
1/100



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE
BARCELONA EST EEBE

AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 24/05/2018

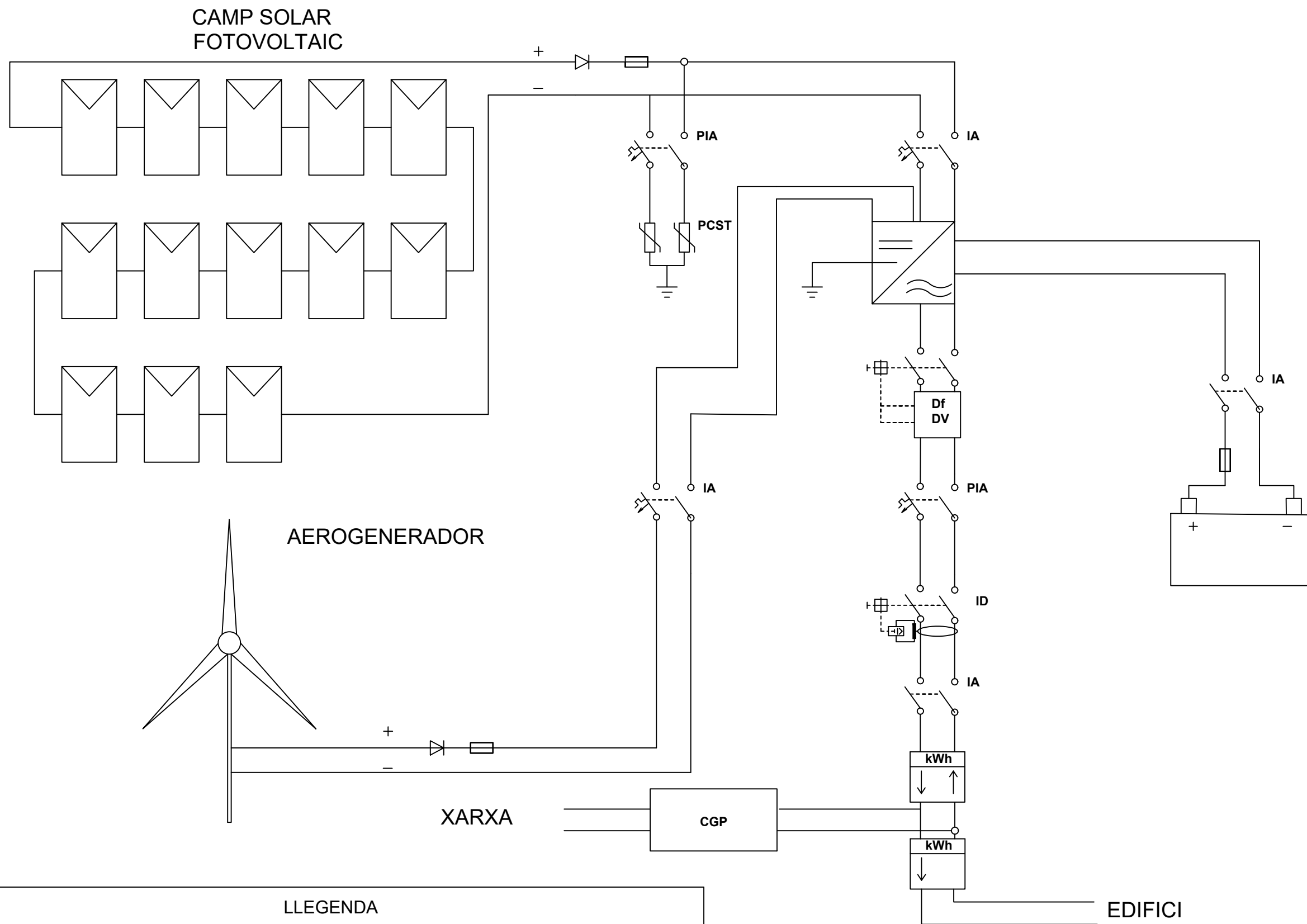
REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



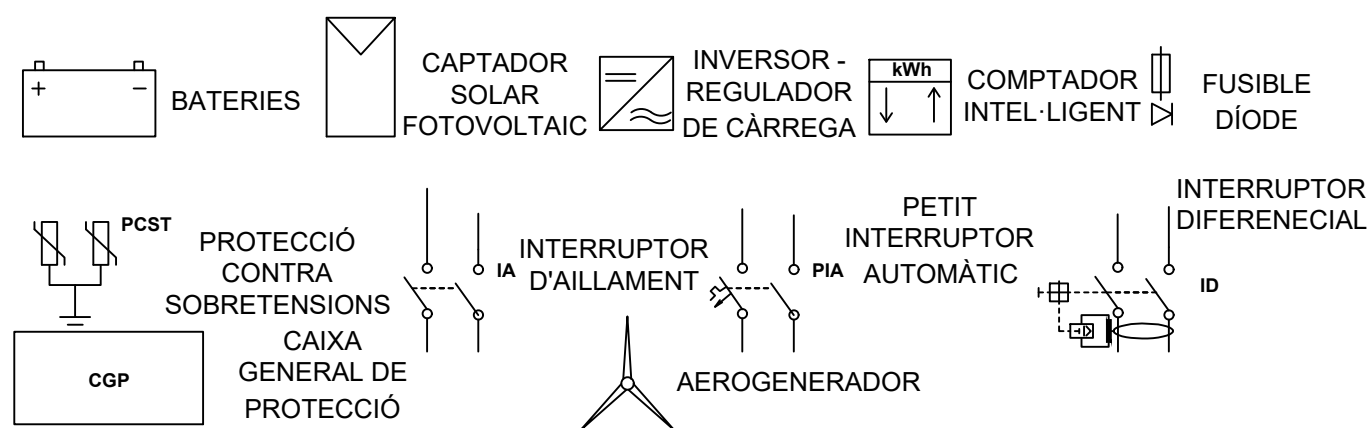
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

UBICACIÓ INSTAL·LACIÓ EÒLICA
PLÀNOL N°: P13

ESCALA:
1/100



LLEENDA



TFG: ESTUDI DE VIABILITAT I DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS D'UN EDIFICI D'ENERGIA ZERO

ESCOLA D'ENGINYERIA DE BARCELONA EST EEBE

AUTOR: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
DATA: 24/05/2018

REVISAT PER: JORDI MARTÍNEZ ROVIRA
ÚLTIMA REVISIÓ: 24/05/2018



ESQUEMA INSTAL·LACIÓ HÍBRIDA (SOALR + EÒLICA)

PLÀNOL N°: P14

ESCALA:

1/100